



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Incorporación del Plástico Reciclado para determinar el  
comportamiento mecánico de la Mezcla Asfáltica en la Avenida Herbay  
Alto, Cañete 2020”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Civil**

**AUTORA:**

Agreda Licas, Cindy Jessica (ORCID: 0000-0002-3093-3974)

**ASESOR:**

Mg. Ing. Minaya Rosario Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523x)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

**LIMA – PERÚ**

**2020**

### **Dedicatoria**

Esta tesis va dedicada a mi hijo, por ser mi motivación de seguir adelante; a mis padres y hermanos por haberme apoyado mucho en estos años para lograr ser una profesional de éxito y así me tengan de ejemplo mi hijo y hermanos que con esfuerzo, dedicación y voluntad todo se puede lograr.

### **Agradecimientos**

En primer lugar, agradezco a dios y a mis padres por el apoyo incondicional en todo momento.

A mi familia por darme la fuerza y no dejarme vencer a pesar de los obstáculos para cumplir con una de mis metas.

Agradezco a la universidad por la oportunidad que me dio de tener un futuro y al Mg. Ing. Minaya Rosario Carlos por su apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MARCO TEÓRICO .....	15
III. METODOLOGÍA .....	24
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	24
3.2 Variable y Operalización.....	24
3.3 Población, muestra y muestreo .....	25
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	28
3.5 Procedimientos.....	28
3.6 Método de análisis de datos .....	28
3.7 Aspecto éticos .....	29
IV. RESULTADOS .....	31
V. DISCUSIONES.....	56
VI. CONCLUSIONES.....	61
VII. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS .....	65
ANEXOS.....	74

## Índice de tablas

Tabla 1 Resumen de Análisis.....	26
Tabla 2 Ensayos y Frecuencias.....	27
Tabla 3 Resultado de ensayo marshall asfáltica convencional.....	32
Tabla 4 Requisitos para mezcla de concreto bituminoso.....	32
Tabla 5 Resumen de estabilidad Marshall convencional para ensayo con plástico reciclado.....	34
Tabla 6 Resumen de porcentaje de vacíos Convencional para ensayo con plástico reciclado.....	37
Tabla 7 Resumen de porcentaje del Índice de Rigidez convencional para ensayo con plástico reciclado.....	39
Tabla 8 Resultado de la Mezcla asfáltica convencional.....	41
Tabla 9 Resultado de ensayo marshall mezcla asfáltica modificada.....	42
Tabla 10 Resumen de estabilidad de la mezcla asfáltica modificada con plástico reciclado.....	43
Tabla 11 Resultado de ensayo marshall mezcla asfáltica modificada.....	46
Tabla 12 Resumen del porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica modificada con plástico reciclado.....	47
Tabla 13 Resumen del índice de Rigidez de la mezcla asfáltica modificada con plástico reciclado.....	51
Tabla 14 Resultados de la mezcla asfáltica modificada con porcentajes de plástico reciclado.....	53

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Estabilidad del patrón para ensayos con plástico reciclado .....	35
Figura 2: Porcentaje de vacíos para ensayo con plástico reciclado .....	37
Figura 3: Índice de Rigidez para ensayo con plástico reciclado .....	40
Figura 4: Estabilidad de la mezcla asfáltica modificada para ensayos con plástico reciclado .....	44
Figura 5: Estabilidad de la mezcla asfáltica modificado para ensayos con plástico reciclado .....	45
Figura 6: Porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica modificada para ensayos con plástico reciclado .....	48
Figura 7: Porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica modificada para ensayos con plástico reciclado .....	49
Figura 8: Rigidez de la mezcla asfáltica modificada para ensayos con plástico reciclado .....	51
Figura 9: Índice de Rigidez marshall asfáltica modificada para ensayos con plástico reciclado .....	52

## Resumen

En este presente trabajo su objetivo principal fue dar a conocer la reutilización de los materiales reciclados como un agregado más para una mejora en la construcción de un pavimento flexible, sabiendo que hoy en día esto no es muy común ni aplicado por falta de estudios, pero esto ayudaría mucho a disminuir la contaminación hacia el medio ambiente.

Esta investigación se desarrolló con el único fin de que la mezcla asfáltica cumpla un desempeño muy importante añadiéndole el plástico Pet reciclado para mejorar el pavimento flexible en bajo volumen de tránsito y ver las condiciones que cumple sin el agregado natural por lo tanto se hicieron comparaciones utilizando de referencia tres tesis.

Las tres investigaciones utilizaron una Metodología experimental donde desarrollaron ciertos ensayos del Método Marshall (Estabilidad, Porcentaje de vacíos y Rígidez); con agregado reciclado y agregado natural con una mezcla asfáltica patrón para las tres tesis, de esta manera se identificó la siguiente dosificación de 0.25% de plástico reciclado.

Finalmente, con los ensayos se vio que es factible este uso; ya que tiene más durabilidad, estabilidad y flexibilidad a comparación de la muestra convencional y se sugirió que realizar más estudios para que sea utilizado como un agregado.

**Palabras Clave:** Mezcla asfáltica, Ensayo Marshall, Plástico Pet reciclado.

## Abstract

In this present work, its main objective was to publicize the reuse of recycled materials as one more addition for an improvement in the construction of a flexible pavement, knowing that today this is not very common or applied due to lack of studies, but This would help a lot to reduce pollution towards the environment.

This research was developed with the sole purpose that the asphalt mix achieves a very important performance by adding recycled Pet plastic to improve the flexible pavement in low volume of traffic and see the conditions that it meets without the natural aggregate, therefore comparisons were made using reference three theses.

The three investigations used an experimental Methodology where they developed certain tests of the Marshall Method (Stability, Percentage of voids and Rigidity); with recycled aggregate and natural aggregate with a standard asphalt mixture for the three theses, in this way the following dosage of 0.25% of recycled plastic was identified.

Finally, with the tests it was seen that this use is feasible; since it has more durability, stability and flexibility compared to the conventional sample and it was suggested that more studies be carried out so that it is used as an aggregate.

**Keywords:** Asphalt Mix, Marshall Test, Recycled Pet Plastic.



## I. INTRODUCCIÓN

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad a nivel mundial las infraestructuras viales o las carreteras que son sinónimo de progreso, construcción y/o conservación van aumentando su accesibilidad a muchos lugares que al pasar los años se van deteriorando es ahí donde acarrea los problemas, especialmente en el aspecto medioambiental ya que van desechando miles de toneladas en residuos sólidos, tanto plásticos, papeles, metales y entre otros contaminantes dentro de cada país que irán perjudicando la globalización ambiental; en el 2015 se hicieron estudios planteados por la Universidad de Georgia, donde obtuvieron entre un 4,8 y 12,7 millones de toneladas al año en las regiones costeras, la mayoría de los residuos plásticos fueron desechados al suelo o a los ríos, ocasionando que el viento lo arrastrara hacia el mar. En la India se proyectaron a utilizar el plástico reciclado para construir las carreteras a futuro, 17 años más tarde, un promedio de 20.000 kilómetros de carreteras fue pavimentadas con residuos del plástico, teniendo como resultados la reducción de baches, fallas, etc; y aumentando la resistencia a la tracción. En Ecuador utilizaron el polímero para pavimentos flexibles tradicionales mejorando sus propiedades mecánicas, donde obtuvieron buenos resultados en la Estabilidad de las mezclas tradicional. En Guatemala utilizaron el polímero en el diseño de mezclas asfálticas en caliente con el método Marshall llegaron a ascender más de lo normal el rango de estabilidad, por lo que no es factible utilizarlo como agregado ya que no cumple el porcentaje de vacíos.

En Perú desde el 2015, habitan aproximadamente 9.7 MM de personas en Lima Metropolitana y el Callao, donde consumieron y desecharon diariamente más de 177 toneladas de plástico PET, esto significa que existe una enorme cantidad de productos reciclables que deberían ser usados para rellenos sanitarios o vertederos informales de residuos sólidos. En la ciudad de Pimentel proyectaron un Diseño de Mezclas Asfálticas con adición de Pet, donde obtuvieron como resultados que la Adición de PET no son aptos para el diseño de mezclas asfálticas ya que sobrepasan las especificaciones técnicas del MTC. Así mismo En nuevo Chimbote realizaron la incorporación del PET y PEAD en la flexibilidad y resistencia a la deformación en un pavimento ecológico, donde obtuvieron como resultado que al agregar el PET la flexibilidad baja pero la resistencia a la deformación incrementa de acuerdo a los

parámetros de diseño; por otra parte, obtuvieron que el PEAD no es apto ya que resulta fuera de los parámetros.

La investigación está enfocada en la avenida Herbay Alto, Provincia de Cañete; donde existen muchas razones el cual serán evaluadas y según ello se mejorará dicho tramo; donde se observaron que el gran problema es poder transportar a tiempo las mercaderías de los agricultores de dicha localidad, perjudicándolos en llegar a tiempo tanto a los comerciantes como a los pobladores.

Actualmente dicha avenida se encuentra abandonada sin ser reparada y sin mantenimiento desde que fue pavimentada, por lo que cuenta con señalizaciones, rompe muelles, barandas de seguridad, alumbramiento, etc; por otra parte la localidad ya ha sufrido infinidad de accidentes, robos al paso en ciertos tramos de la avenida; esto también es ocasionado por los mismo camioneros que al transportar mucha carga provocaron los huecos, hundimientos, fisuras; impidiendo así el paso de vehículos en varias oportunidades; Otro grave problema sería los desechos de residuos sólidos regados en la avenida provocando la contaminación del medio ambiente, como otros factores contaminantes tenemos el polvo que se observaron en tramos que ya no cuentan con pavimentación provocando así enfermedades asmáticas entre los comuneros, enfermedades a la piel, etc. Todo lo observado tendría solución de acuerdo al estudio que se realizaran mediante la presente investigación donde se planteada un pavimento asfáltico adicionando el plástico Pet, el cual resolverá todos los problemas presentados y recuperando así gran parte del medio ambiente. Así mismo se realizarán ensayos para llegar a conocer los porcentajes adecuados en la aplicación del Pet en el pavimento, tratando de conseguir una mezcla asfáltica que mejorara las propiedades mecánicas sin alterar su función; con un asfalto más económico, ecológico y rentable dándole una larga vida útil.

Teniendo en cuenta la problemática se emplearán métodos para determinar la durabilidad, estabilidad y la flexibilidad que verificara si soportan las cargas de dicho tránsito, así mismo se verificada las deformaciones que sufrirá con el tiempo el nuevo pavimento habiéndose ya agregado el plástico PET; del cual se espera obtener un óptimo resultado dándole más vida útil al pavimento.

## Problema general

¿Cuánto influye la incorporación del plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020?

Los Problemas específicos de esta investigación son:

- ✓ ¿Cuánto influye la dosificación optima del plástico reciclado en la durabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020?
- ✓ ¿Cuánto influye la dosificación optima del plástico reciclado en la estabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020?
- ✓ ¿Cuánto influye la dosificación optima del plástico reciclado en la flexibilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020?

La presente investigación se argumentó en los siguientes aspectos como social, económico, metodológico, ambiental y teórico. Teniendo como gran importancia que permitirá a nuestra sociedad poder interconectarse de una comunidad a otra; ya que anteriormente debido a las circunstancias que se reflejaron en el recorrido de la carretera como son las fallas, grietas, hundimientos complicando llegar a dicho lugar; para ello será necesario innovar nuevas tecnologías que nos ayudaran a construir carreteras con mezcla asfáltica agregándole el plástico Pet al pavimento. Esta Investigación Experimental buscada reducir la parte económica obteniendo una vida más larga y útil del pavimento, por otra parte, se observó el problema social de no tomar conciencia de la gran necesidad de utilizar carreteras más ecológicas con la reutilización de los desechos sólidos el cual reducirá la contaminación ambiental en las avenidas de la provincia de Cañete.

## Hipótesis general

La incorporación del plástico reciclado que tanto influye en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020

Las hipótesis específicas de esta investigación son:

- ✓ La dosificación óptima del plástico reciclado, aumentará la durabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, cañete 2020.
- ✓ La dosificación óptima del plástico reciclado, aumentará la estabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, cañete 2020.
- ✓ La dosificación óptima del plástico reciclado, aumentará la flexibilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, cañete 2020.

Objetivo general

Determinar cuánto influye la incorporación del plástico reciclado en comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020

Los objetivos específicos de esta investigación son:

- ✓ Evaluar cuánto influye la dosificación óptima del plástico reciclado en la durabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020
- ✓ Evaluar cuánto influye la dosificación óptima del plástico reciclado en la estabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020
- ✓ Evaluar cuánto influye la dosificación óptima del plástico reciclado en la flexibilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020

## **II. MARCO TEÓRICO**

## II. MARCO TEÓRICO

**Delgado, Solano (2019)**, en su investigación titulada *“Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de plástico peletizado LDPE-2019”*, presentado por la Universidad Cesar Vallejo - Lima, cuyo objetivo fue incorporar el plástico peletizado de polietileno de baja densidad (LDPE) que afecta las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente; cuyo tipo de investigación es experimental; como población se realizaron todas las briquetas de mezcla asfáltica; como muestras se prepararon 48 briquetas de mezcla asfáltica; en instrumento tenemos la recopilación de datos; como resultados se obtuvo un 6% de plástico peletizado LDPE, con un porcentaje óptimo contenido de asfalto modificado de 5.78, con una estabilidad de 1380kg, el flujo de 3.45mm y la rigidez marshall es 3994.91 kg/cm, se concluyó que la estabilidad de la mezcla modificada aumento en 15% y 4% de rigidez marshall al adicionar el 6% de LDPE con respecto a la mezcla asfáltica, por lo tanto el flujo no tuvo incremento<sup>1</sup>.

**Arévalo, Lucho (2019)**, en su investigación titulada *“Influencia de la incorporación de poliestireno en las propiedades mecánicas de mezcla asfáltica en caliente, Lima-2019”*, presentado por la Universidad Cesar Vallejo - Lima, cuyo **objetivo** fue mejorar las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas al incorporar Poliestireno; **tipo** de investigación es aplicada; su **población** está conformada por 60 briquetas,; y sus **muestras** según la norma MTC E-504 y ASTM-D6926, por cada contenido de asfalto se emplea 5 especímenes; su **instrumento** son la recopilación de datos; como **resultados** de la mezcla asfáltica se obtuvieron una incorporación de 0.3% de Poliestireno, con una estabilidad de 1610.8kg, una fluencia 4.4mm, contenido de vacíos 4.0% y una rigidez de 3698kg/cm respectivamente, al ser comparadas con la mezcla convencional con valores de 1538.4kg, 4.4mm, 4.1% y 3517kg/cm; se **concluyó** que al incorporar el Poliestireno se obtuvo un porcentaje óptimo de 0.3% aumentando en un 5.15% en la rigidez; el cual mejora las propiedades de mezclas asfálticas en los valores de estabilidad, rigidez, contenido de vacios y sin perjudicar el valor del flujo relacionándose con las propiedades de estabilidad, flexibilidad, Trabajabilidad e impermeabilidad<sup>2</sup>.

**Corbacho (2019)** en su tesis titulada ***“Análisis de la estabilidad marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de rueda cargada de Hamburgo de la mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de tereftalato de polietileno en la ciudad del cuzco-2018”***, presentado por la Universidad Ricardo Palma - Lima, su **objetivo** fue determinar la influencia al adicionar las fibras de polipropileno en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada por el proceso de vía seca, a través de ensayos de laboratorio, como población La población de estudio serán las mezclas asfálticas producidas en caliente con pen 60/70, las cuales son para el uso de las carpetas asfálticas; y una muestra de 80 unidades de testigos de mezcla asfáltica en caliente convencional y mezcla asfáltica en caliente modificada con fibras de polipropileno; Como conclusión se obtuvo que La Estabilidad de la mezcla asfáltica es de 1,242 kg y la Estabilidad de la mezcla asfáltica modificada con 0.2% de fibra es de 1,764.4 kg, que representa un incremento de 41.1%. El flujo de la mezcla asfáltica modificada con 0.2% es de 3.36mm, presentando una reducción en 6.67%<sup>3</sup>.

**Guamanquispe (2017)**, en su investigación titulada ***“Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica con adición de caucho de llanta reciclado”*** de la universidad técnica de Ambato; su objetivo es determinar la variación del asfalto modificado con varias dosificaciones de fibras de caucho reciclado respecto al asfalto convencional; siendo una investigación aplicada, con una muestra de 60 briquetas; los instrumentos usados fueron las fichas de observación, para determinar las propiedades de la mezcla se evaluaron las briquetas con 3 dosificaciones de 1%, 1.5% y 2% de caucho reciclado, respecto a la masa total del cemento asfáltico; los resultados obtenidos fueron que al adicionar 1% de caucho más 4% de cemento asfáltico se obtuvo una estabilidad de 1924.27lb, mientras que la estabilidad de la mezcla convencional se obtuvo 1358.68lb con 5% de cemento asfáltico. Lo cual indica una mejora hasta en un 30% al incorporarle 1% de caucho<sup>4</sup>.

**Aimacaña (2017)**, en su investigación titulada ***“Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales”***, de la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador, cuyo objetivo es analizar el comportamiento de la estabilidad y flujo de las



muestras compactadas, con mezcla asfáltica agregado con polímero y mezcla asfáltica tradicional, cuyo tipo de estudio es aplicada; cuya población total de 60 briquetas ; y de muestra se elaboraron 3 briquetas para el asfalto tradicional y 3 briquetas para el modificado con el 1%, 2% y 3% de polímero triturado; los instrumento usados fueron las fichas de observación; como resultados tenemos un 6% de contenido de asfalto, con una estabilidad de 4600lb, un flujo de 9mm, un % de vacíos de 3% ; se concluye que la óptima mezcla modificada con polímero es de 1%; permitiendo así mantener las propiedades físico-mecánicas planteados por los criterios del diseño marshall dándole una mejor estabilidad a la mezcla asfáltica<sup>5</sup>.

**Calderón (2018)**, en su investigación titulada ***“Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden”***, presentada por la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil - Ecuador, cuyo objetivo fue estudiar el desempeño de la mezcla asfáltica modificada con la adición dosificada de polímeros (plástico reciclado); cuyo tipo de estudio fue experimental; cuya población está conformada por 24 briquetas de asfalto; como muestras tenemos 15briquetas de asfalto común y 9 con agregado del plástico en distintos porcentajes; cuyo instrumento fue la recolección de datos; de los resultados obtenidos tenemos un 25%Cisco+30%Arena+20%Piedra 3/4+25%Piedra 1/2, 6.10% de cemento asfáltico, con una estabilidad de 4691.33 y un flujo de 10.23; concluyendo que incorporando un 3% de plástico mejora la durabilidad y las deformaciones por las cargas producidas por el tráfico, con lo que se evitaría el desgaste prematuro y por ende reducen su costo total<sup>6</sup>.

**Earnest (2015)**, in his research entitled ***"Performance characteristics of polyethylene terephthalate (PET) modified asphalt"***, presented by the University of South Georgia; the objective of which was to evaluate the possibility of using PET particles as an asphalt modifier by investigating the properties of modified asphalt binders and modified mixtures with PET particles; whose type of research is experimental; como Instrumento tenemos la recolección de datos; según los resultados al aumentar el 5% de PET, la viscosidad se verificó a medida que la velocidad de mezcla disminuyó de 3000 a 5000 rpm. Al 10% de PET, la viscosidad difiere ligeramente a medida que aumenta la velocidad de mezcla, agregando PET a las

temperaturas de aprobación / reprobación de todas las mezclas. Esto indica que el PET mejora el rendimiento a alta temperatura de todos los ligantes; La investigación concluyó que el PET mejoró la resistencia, en función del rendimiento de las mezclas modificadas en las pruebas de aglutinante y mezcla, por lo tanto, se pueden proporcionar beneficios de rendimiento sobre las mezclas de asfalto sin modificar<sup>7</sup>.

**Ogundipe (2019)**, in his article entitled: ***"The use of polyethylene terephthalate residues to modify asphalt concrete using the marshall test"***; presents by Ekiti State University - Nigeria; whose objective is to encourage road construction and management agencies to use plastic waste on asphalt, trying to reduce the elimination of such waste; whose type of research is experimental; As a population we have the materials used for the study which are the aggregates with sizes of 19 mm, 12.5 mm and 9.5 mm, quarry dust and river sand, bitumen (penetration degree 60/70) and plastic waste (PET); cuya muestras utilizadas en la mezcla de asfalto se prepararon con un contenido de betún del 4%, 4,5%, 5,0%, 5,5% y 6% de acuerdo con el peso de los agregados; según los resultados al introducción PET en el hormigón asfáltico reduce su estabilidad, con un contenido de PET del 12%, esto presenta una reducción del 20,4% en la estabilidad, por lo tanto, el hormigón asfáltico modificado con PET puede utilizarse para la construcción de pavimentos; la investigación concluyó que el PET puede usarse con éxito para modificar el concreto asfáltico, pero pruebas adicionales como el módulo de rigidez a la tracción indirecta, la prueba de fatiga o la prueba de flexión de cuatro puntos, la prueba de carga axial repetida, para obtener las propiedades del PET residual Hormigón asfáltico modificado<sup>8</sup>.

**Hidayat, Pratama and Pramita (2019)**, in their article entitled: ***"The effect of the addition of PET plastic (polyethylene terephthalate) and carbide residue filling in the asphalt concrete binder course (AC-BC) on the characteristics of Marshall"***; presented by Yogyakarta State University - Indonesia; whose objective obtained the effect of the addition of PET in the percentage of 0%, 1%, 1.5% and 2% in the trajectory of the binder of asphalt concrete in its Marshall characteristics; As a population we have the cylindrical concrete asphalt mix test; Whose samples used incorporating control samples and test objects with 1%, 1.5%, and 2% added PET plastic materials, the Marshall test was performed with serial number model 76-B0038 / CB of 06118321;

como resultados tenemos que la adición más efectiva fue a un nivel de 1% con una densidad de 2.23 gr / cc, con valor VIM de 4.82%, valor VMA de 14.58%, valor VFA de 67.18%, valor de flujo de 3.30 mm, valor estabilidad de 3060.42 kg y valor MQ de 936.79 kg / mm; se concluyó que los valores de VIM cumplían los requisitos pero con la adición de 0% y 1% de los niveles de PET. Asimismo, el valor de VFA obtuvo una adición de PET de 1.5% y 2% que sobrepasa el límite máximo requerido de 65%<sup>9</sup>.

**Sojobi, Oluwasegun, Emeka (2016)**, in their article entitled: ***"Recycling of polyethylene terephthalate (PET) plastic bottles in bituminous asphalt concrete"***; presented by the Hong Kong City University and the Kwara State Reference University, Nigeria; The objective of this document is to offer an ecological way to recycle plastic bottle waste in BAC used as surface courses and binders in road construction; the type of research is experimental; As a population we have that the experiments were carried out in the Geotechnical and Highway Engineering laboratories of the Department of Civil Engineering, Landmark University in the state of Kwara; As samples we have the contents of plastics that will be applied in percentages of 10%, 20% and 30% of the total added weight and the load; según los resultados, el BAC modificado con PMB y PCA mostró similitud y diferencias en sus propiedades al aumentar el contenido de plástico; La investigación concluyó que tanto para PMB como para PCA, obtuvieron una mayor estabilidad Marshall con los mayores contenidos de plástico, donde se encontró un aumento en los contenidos de plástico para PCA, y que disminuyó para PMB con un aumento en los contenidos de plástico<sup>10</sup>.

**Almeida, Trichés and Shinohara (2017)**, in their article entitled: ***"Evaluation of the influence of water and temperature on the rheological behavior and resistance to fatigue of asphalt mixtures"***, Presented by the Federal University of Santa Catarina (UFSC) – Brazil; Its objective was to determine the progressive deterioration of the pavement structures due to water and temperature. The evaluation was carried out through bending tests, where the samples were subjected to wetting-drying cycles at 60° and then they were tested with immersion in water at different temperatures. Los resultados obtenidos afirman que la acción del agua y la temperatura debe tenerse en cuenta en el dimensionamiento del espesor de las capas de asfalto ya que la degradación alcanza el 6% cuando la mezcla se prueba para inmersión en agua,

cuando se acondiciona la mezcla alcanza 10 % y cuando la mezcla se probó con inmersión en agua, el valor alcanzó el 12%<sup>11</sup>.

**Ahmad, Razali and Razelan (2017)**, in their article entitled: *“Utilization of polyethylene terephthalate (PET) in asphalt pavement: A review”*; Presented by the University Malaysia Pahang - Malaysia; The objective use of plastic pet waste to improve properties such as softening point, strength and durability of a road; The result showed that the use of granulated PET (5% of the total weight of the bituminous mix) to replace 20% fine aggregate can improve the Marshall with the highest stability and flow; se concluyo de la investigación que la estabilidad de la mezcla asfáltica aumenta cuando se añade PET en comparación con la mezcla convencional. La mejor cantidad de PET es 0.4% para lograr mejor estabilidad, sin embargo, el flujo de la mezcla aumentaría cuando se agrega una gran cantidad de PET<sup>12</sup>.

**Mezcla Asfáltica.** - “Una mezcla asfáltica denominado aglomerado, por lo general resulta de la mezcla entre un ligante hidrocarbonato y agregados minerales pétreos. En proporciones exactas de estos minerales que determinan las propiedades físicas de la mezcla; cada mezcla asfáltica tiene una función específica, es por ello, que las cantidades de los materiales pueden cambiar dependiendo su objetivo” [13].

**Propiedades de la Mezcla Asfáltica.** - Las mezclas asfálticas deben cumplir las siguientes propiedades, para que de esta manera pueda garantizar la duración de los pavimentos y soportar las cargas repetidas por el tránsito de vehículos. **Durabilidad:** “La durabilidad es la propiedad de una mezcla asfáltica que soporta los efectos producidos por factores como el agua, aire, temperatura y las cargas causadas por los vehículos. Los efectos perjudiciales son la desintegración y desprendimiento de los agregados del pavimento, provocando así una variación en las propiedades del asfalto como la polimerización, oxidación y envejecimiento, entre otros. Su principal característica que influye es la durabilidad de una mezcla asfáltica seria empleando un contenido óptimo de C.A., ya que aumenta la durabilidad de la mezcla asfáltica” [14]. **Estabilidad:** “Es la capacidad para soportar desplazamiento y deformación bajo

las cargas del tránsito. Depende de la fricción y de la cohesión interna. La fricción interna está enlazada con las características del agregado tales como forma y textura superficial. La cohesión se deduce de la capacidad ligante del asfalto. En expresiones generales entre más angular sea la forma de las partículas del agregado, más áspera será su textura superficial, y más elevada será la estabilidad de la mezcla” [15].

**Flexibilidad:** “Es la capacidad de un pavimento asfáltico para adaptarse, sin que sufra agrietamientos, a movimientos y asentamientos graduales de la Subrasante. La flexibilidad es una característica preferible en todo pavimento asfáltico debido a que virtualmente todas las Subrasante se asientan (bajo cargas) o se propagan en el suelo” [16].

**El Plástico Pet.** - “El plástico es un material conformado por resinas, proteínas y otras sustancias, y son muy sencillos de moldear y variarlas ya sea de tamaño, contextura o forma ubicándolas a una determinada compresión y temperatura” [17]. Para que el plástico sea incorporado con el asfalto, primeramente, tendría que ser cortado en partículas por una máquina trituradora, después juntarlos para obtener una mezcla homogénea; para ello se tendría que proporcionar los porcentajes del plástico para cada probeta que se realizara a través del ensayo marshall. Del cual obtendremos un contenido óptimo de asfalto convencional y el porcentaje adecuado del plástico Pet reciclado que se proporcionaron. Después se llegará a obtener una mezcla resistente a los factores climáticos y al peso de los vehículos sobre el pavimento.

El asfalto con adición de Pet se combinarán con el fin de mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica (la durabilidad, estabilidad, flexibilidad, Trabajabilidad, resistencia a la fatiga y resistencia al desplazamiento), dándole una vida útil más larga y aportando con la sostenibilidad ambiental; y menos costosa.

### **Propiedades Física del Plástico Pet**

**Densidad.** – Es la cantidad de materia que contiene los plásticos por cada unidad de volumen; actúa como agente económico que llega a favorecer el uso del plástico<sup>18</sup>.

**Conductividad Térmica.** - Es la cantidad de calor que transmiten los plásticos entre

ellos<sup>19</sup>. **Absorción de Agua.** - Es importante ya que los plásticos tienden a reflejar un aumento de peso en la muestra, después de haber estado expuesto al ambiente húmedo los plásticos varían sus dimensiones<sup>20</sup>. **Permeabilidad.** - Presenta como objetivo incrementar la conservación dentro de un tiempo más limitado; sin perder el mantenimiento de tener frescos los alimentos, sin que pierda sus buenas propiedades<sup>21</sup>. **Comportamiento frente a la Temperatura.** - El Pet como comportamiento frente a la temperatura contiene una máxima resistencia de 71°C y tiene una excelente resistencia hasta una temperatura de 230°C; En la Industria el PET presenta una temperatura de transición vítrea, es decir abandona su estado rígido y pasa a ser blando; y como punto medio su temperatura se encuentra el material en un estado fundido y rígido<sup>22</sup>. **Comportamiento frente a los factores Atmosféricos.** - El Pet como conducta frente a factores atmosféricos no es afectado por los ácidos ni gases de la atmosfera, el cual presentaría una buena estabilidad<sup>23</sup>.

### **III. METODOLOGÍA**

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación**

##### **Tipo de Investigación**

Una investigación es aplicada, y se define como precisa en buscar aplicar sus conocimientos para llegar a resolver un problema establecido<sup>24</sup> (Rios,2017, p.80).

De acuerdo a lo mencionado la investigación es de tipo aplicada porque permitió tener en práctica los conocimientos procedentes en el diseño de la mezcla asfáltica adicionando el plástico reciclado, con el fin de tomar decisiones en mejorar la mezcla asfáltica con diversos porcentajes de aditivo, en base a los resultados obtenidos en laboratorio mediante los ensayos Marshall.

##### **Diseño de investigación**

El diseño de investigación es el plan que nos permite recopilar la información que se desea con la finalidad de objetar el planteamiento del problema<sup>25</sup> (Hernández Sampieri, 2014, p.128).

De este modo, la presente investigación se considera cuasi experimental, debido a que se manipularán intencionalmente las cantidades del plástico reciclado (3%, 5% y 8%) en la mezcla asfáltica, su objetivo es estudiar la influencia en las propiedades de la mezcla asfáltica; además, se sub-clasifica como cuasi-experimental, puesto que la mezcla asfáltica para el presente estudio ha sido pre definida (carpeta asfáltica) por el investigador, contando con tres ensayos que corresponden a la muestra patrón y a las muestras con el plástico reciclado en 3%, 5% y 8% del porcentaje de la muestra; dosificaciones elegidas tentativamente en base a diferentes estudios previos de diversos autores (tesis 0.2% - 9%) realizados con polímeros en la mezcla asfáltica.

#### **3.2 Variable y Operalización**

##### **Variable Independiente: Plástico Reciclado**

Polyethylene Terephthalate (PET) a strong, rigid, single-fiber synthetic resin that is linked to the family of polyester polymers. PET is spun into fibers for continuous pressing fabrics and molded by stretching to become disposable beverage bottles<sup>26</sup>.



Tereftalato de polietileno (PET), una resina sintética de fibra única, rígida y resistente que está vinculada a la familia de los polímeros de poliéster. El PET se hila en fibras para prensado continuo de telas y se moldea estirándolo para convertirse en botellas de bebidas desechables. (Variable Independiente)

**Definición Operacional:** Las dosificaciones del plástico reciclado (3%, 5% y 8%) respecto al porcentaje de la muestra, se emplearán para los 03 diseños de mezclas siguientes, con el objetivo de aumentar la durabilidad, la flexibilidad, y la estabilidad, posteriormente se procederá a elaborar 20 briquetas.

Variable Independiente V1: Plástico Reciclado

### **Variable Dependiente: Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica**

“Los materiales tienen diferentes propiedades mecánicas, las cuales están vinculadas con las fuerzas exteriores que se desempeñan sobre ellos. Las propiedades mecánicas son los siguientes: la elasticidad, Plasticidad, maleabilidad, ductilidad, dureza, tenacidad y fragilidad” [27]. (variable independiente)

**Definición operacional:** La mezcla asfáltica en estado endurecido tiene propiedades que resaltan su calidad. En esta investigación se realizará Marshall y finalmente el porcentaje de absorción de la mezcla asfáltica; para los 3 diseños pre establecidos (plástico reciclado 3%, plástico reciclado 5%, plástico reciclado 8%), asimismo se realizarán 2 unidades por cada ensayo, haciendo un total de 20 unidades por ensayo, para todos estos casos se medirán su calidad mediante ensayos de laboratorio.

Variable Dependiente V2: Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica

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

### **Población**

“La población es un grupo finito o infinito de elementos con características comunes por el cual tendrán extensivas las conclusiones de la investigación. Así mismo será delimitada por el problema y por los objetivos que se estudiaron” [28]. (Arias, 2012, p.81)

Como población tenemos todas briquetas que resulten dentro de la avenida Herbay Alto- Cañete

### **Muestra**

“La muestra es un subconjunto específico y finito que se recopila de la población presentada” [28]. (Arias, 2012, p.83)

Para este estudio de investigación se define que la muestra está representada por 20 briquetas, con la incorporación de plástico reciclado para un total de 18 y 2 de diseño de mezcla asfáltica convencional según la norma del MTC E-504, representados de la siguiente manera:

**Tabla 1. Resumen de Análisis**

<b>ENSAYO MARSHALL</b>	<b>3% de plástico Reciclado</b>	<b>5% de plástico Reciclado</b>	<b>8% de plástico Reciclado</b>
Estabilidad	2	2	2
% Vacíos	2	2	2
Relación estabilidad/Flujo (Rígidez)	2	2	2
Total	6	6	6

Fuente: Elaboración Propia

El ensayo Marshall se basa en la norma ASTM D-1559 o la norma peruana MTC E-504, consiste en ensayar una serie de probetas, con las dimensiones de 2.5 pulgadas de espesor y 4 pulgadas de diámetro.

**Tabla 2: Ensayos y Frecuencias – Tabla 423-16**

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de muestreo
<b>Agregado</b>	Granulometría	MTC E 204	200 m <sup>3</sup>	Tolva en frío
	Plasticidad	MTC E 110	200 m <sup>3</sup>	Tolva en frío
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	500 m <sup>3</sup>	Tolva en frío
	Equivalente arena	MTC E 114	1.000 m <sup>3</sup>	Tolva en frío
	Partículas planas y alargadas	MTC E 221	500 m <sup>3</sup>	Tolva en frío
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	1.000 m <sup>3</sup>	Tolva en frío
	Angularidad del agregado fino	MTC E 222	1.000 m <sup>3</sup>	Tolva en frío
	Perdida en sulfato de magnesio	MTC E 209	1.000 m <sup>3</sup>	Tolva en frío
	Azul de metileno	AASHTO TP 57	1.000 m <sup>3</sup>	Tolva en frío
<b>Mezcla Asfáltica</b>	Contenido de Asfalto	MTC E 502	2 por día	Pista/planta
	Granulometría			
	Ensayo Marshall	MTC E 504	2 por día	Pista/planta
	Temperatura	-	Cada volquete	Pista/planta
	Densidad	MTC E 506, MTC E 508 y MTC E 510	1 cada 250 m <sup>2</sup>	Pista compactada
	Espesor	MTC E 507	Cada 250 m <sup>2</sup>	Pista compactada
	Resistencia al deslizamiento	MTC E 1004	1 por día	Pista compactada
Adherencia	MTC E 519	1.000 m <sup>3</sup>	Pista/planta	
<b>Cemento Asfáltico</b>	Según 423.02.2(e)		$\sqrt{5}$ (*)	Tanques Térmicos al llegar a obra

Fuente: Manual de carreteras,2013

### Muestreo

“Es un método para seleccionar en el que se desconoce la probabilidad que tienen los elementos de la población que se incorporara en la muestra” [30]. (Arias, 2012, p.85)

En esta investigación el tipo de muestro es no probabilístico porque se indica el número de ensayos que es igual a la cantidad. Los muestreos no probabilísticos son aquellos que desconocen la probabilidad de seleccionar cualquier parte de la población.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

La técnica que se uso es retrospectiva, ya que se realizó un estudio para comparar dos grupos de investigación: que fueron realizados por una causa (aditivo plástico reciclado = variable independiente) y un efecto (comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica = variable dependiente) y otro grupo, en muy similar condición, pero que no pueden ser realizados, pero si comparados (análisis documental) por tener un similar antecedente o igual condición experimental.

El instrumento usado, es el método del análisis documental, es el cual, dará la oportunidad de obtener datos mediante el acceso a la información de los ensayos realizados de las tesis con antecedentes de mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica, los cuales se buscarán en los repositorios de las Universidades que cuentan con la carrera de Ingeniería Civil a nivel nacional e internacional; así mismo, también se obtendrá la teoría de mejorar la mezcla asfáltica en los Artículos Científicos, los cuales se encontrarán en las páginas web de las revistas de investigación on-line.

### **3.5 Procedimientos**

La presente investigación se realizó mediante la búsqueda de las tesis referentes a nuestra investigación por nuestra técnica documental, en base a las similitudes condiciones (tipo de mezcla asfáltica, tipo de aditivos, tipo de aditivos plástico reciclado) para posteriormente a ello, obtener sus datos mediante la Interpolación respetando los aportes; para luego, poder realizar nuestros propios análisis de resultados, los mismos que serán presentado en tablas y gráficos.

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

**Retrospectivo:** Para la selección de datos se ejecutará mediante la comparación a dos grupos de investigación: un primer grupo que fueron realizados con una causa y efecto, contra otro grupo, en muy similar condición, pero que no podrán ser realizados, pero si comparados (análisis documental); permitiendo tomar apuntes de sus resultados del primero en forma de datos interpolados, y asemejarlos a una posible solución, pues tienen un similar antecedente e igual condición experimental.

### **3.7 Aspecto éticos**

Como alumno de la carrera profesional de Ingeniería Civil, esta investigación se desarrollada cumpliendo el compromiso del investigador, a la vez respetando los valores, honestidad, honradez, confianza y principios morales; de no haber copiado tesis de otros autores, respetando sus aportes, todos los manuales e instrumentos que se usaron para este trabajo de investigación y con sus respectivas resoluciones y usando la metodología ISO 690, además de trabajar con profesionalismo al momento de realizar la reunión de datos, sin perturbar la tranquilidad de los propietarios de la zona de estudio, los cuales al final serán comparados por la herramienta web Turnitin.

**IV.**

**RESULTADOS**

## **IV. RESULTADOS**

“For the results, they will be presented numerically, in real form, it must be simple and clear to read when represented graphically either in tables and graphs or in written text. The researcher must accurately record the inclusion and systematization of the results; since they will serve as the main information and permanent scientific knowledge” [31].

### **Tema Projectado**

La presente investigación consistió en evaluar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica utilizando el plástico reciclado de polietileno en la Avenida Herbay Alto, Distrito de San Vicente, Provincia de Cañete, Departamento de Lima.

### **Trabajo De Obtención de Datos**

Durante el proceso de realizar esta investigación, comenzó un problema de emergencia sanitaria en todo el mundo, que se llevó a cabo a partir de febrero y está proyectado a diciembre 2020, por el virus COVID 19 ocasionando una pandemia, como un plan para reducir los contagios se decretó la inmovilización domiciliaria, el cual estaba prohibido el transporte interprovincial y local, las construcciones pararon y los laboratorios de pavimentos se mantuvieron cerrados. Por el cual, la presente investigación optó por la técnica de análisis documental, a través de esta técnica se recolectó información de fuentes secundarias para elaborar el desarrollo del proyecto. Método que dio la oportunidad las páginas web, así como también obtener datos de los ensayos realizados de las tesis presentes en los repositorios de las universidades de la carrera de Ingeniería Civil tanto nacionales e internacionales.

### **Análisis documental**

Usando tesis y artículos científicos de referencias a nivel nacional e internacional se encontrarán los aportes de investigaciones previas donde se obtendrán los datos de ensayos previos cuyos datos servirán de base para hacerlos cálculos necesarios y así construir gráficas y tendencias que reflejan resultados teóricos apoyados con la matemática.

## Trabajo de laboratorio

Las tablas y figuras bases de los ensayos Marshall (estabilidad, % vacíos y rigidez) y patrón para saber las propiedades de durabilidad, estabilidad y flexibilidad de la mezcla asfáltica que se visualiza a continuación y fueron logradas por medio de análisis documental en los ensayos practicados y presentes en las tesis de Delgado Reyes, Cecilio Nicanor y Solano Paredes, Silver Jhonatan; en su investigación titulada: “Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de plástico peletizado LDPE-2019”

## DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL

**Tabla 3. Resultado de ensayo marshall asfáltica convencional**

CEMENTO ASFALTICO(%)	ESTABILIDAD PROMEDIO(kg)	FLUJO PROMEDIO(mm)	E/F(kg/cm)	VACIOS CON AIRE(%)	V.M.A(%)
5	1085	2.26	4800.9	6.4	16.57
5.5	1181	2.9	4081.4	4.8	16.26
6	1198.33	3.26	3677.4	3.6	16.33
6.5	1134.67	3.51	3230.6	2.4	16.36

Fuente: Delgado, Solano, 2019

**Tabla 4. Requisitos para mezcla de concreto bituminoso, Tabla 423-06**

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
<b>Marshall MTC E 504</b>			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver Tabla 423-10		
<b>Inmersión – Compresión (MTC E 518)</b>			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Mín.		

Fuente: Manual de Carreteras



## Interpolación lineal

La interpolación es un proceso de estimación de valores entre los puntos conocidos. En MATLAB tiene funciones de interpolación basadas en polinomios y transformaciones de Fourier. La interpolación se llama obtener nuevos puntos basados en el conocimiento de un conjunto de puntos. También la interpolación es una técnica muy útil para aproximar funciones, para estimar valores intermedios de las mismas en una serie de datos. Calcular la Estabilidad, % vacíos y rigidez Marshall con el método de interpolación lineal

Se procedió a calcular la Estabilidad, % vacíos y rigidez Marshall por muestra patrón para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado se puede apreciar en los gráficos a continuación.

### A. ***Estabilidad***

“Es la capacidad de una mezcla asfáltica de resistir desplazamiento y deformación bajo las cargas presentadas por el tránsito. La carpeta asfáltica debe ser apto de mantener su forma y textura ante el proceso de carga que a diario le son presentadas. La estabilidad es función de la fricción y resistencia [...]” [32].

- Se tiene el cálculo de Y1 por medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra patrón para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 5.2%	
5	1085
<b>5.2</b>	<b>Yx</b>
5.5	1181

$$Y_x = 1085 + \frac{5.2-5}{5.5-5} * (1181 - 1085)$$

$$Y_x = 1123.4$$

- Se tiene el cálculo de Y2 por medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra patrón para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 5.8%	
5.5	1181
<b>5.8</b>	<b>Yx</b>
6	1198.33

$$Y_x = 1181 + \frac{5.8 - 5.5}{6 - 5.5} * (1198.33 - 1181)$$

$$Y_x = 1191.40$$

- Se tiene el cálculo de Y3 por medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra patrón para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 6.3%	
6	1198.33
<b>6.3</b>	<b>Yx</b>
6.5	1134.67

$$Y_x = 1198.33 + \frac{6.3 - 6}{6.5 - 6} * (1134.67 - 1198.33)$$

$$Y_x = 1160.134$$

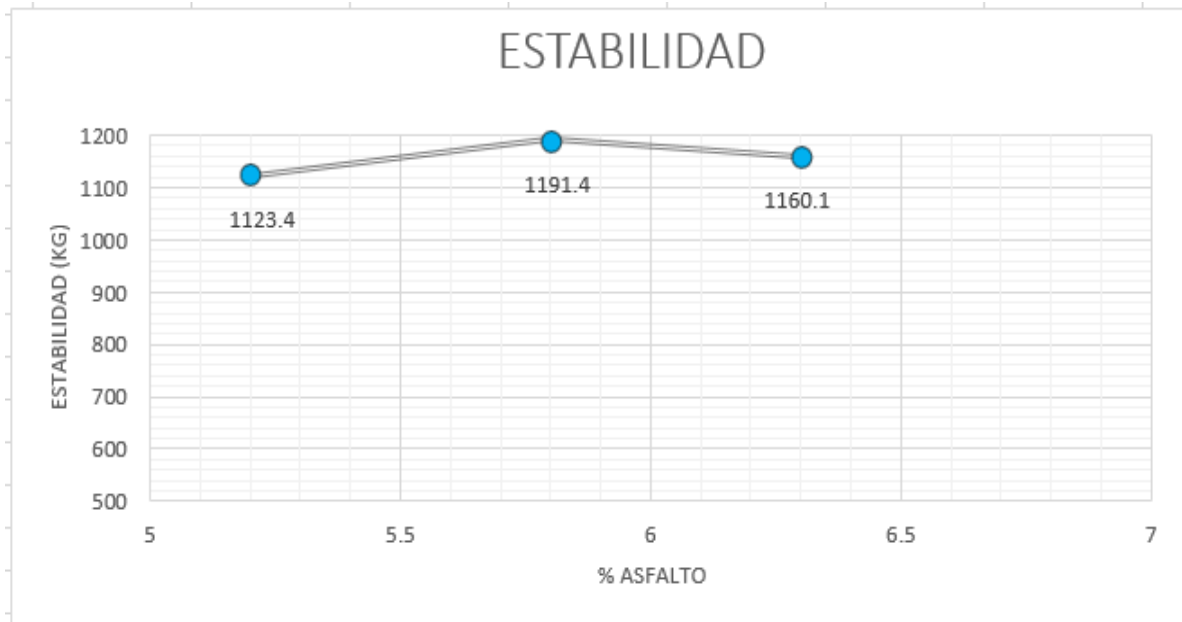
Al interpolar dio como resultado una nueva ficha de registro de datos, en base a los porcentajes del plástico reciclado que se empleó en esta investigación.

**Tabla 5. Resumen de estabilidad Marshall convencional para ensayo con plástico reciclado**

Porcentaje de Cemento Asfalto	Estabilidad (kg)
5.2	1123.4
5.8	1191.4
6.3	1160.1

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la **tabla 5**, se realizó un gráfico para apreciar la variación de la estabilidad de acuerdo a los porcentajes del plástico reciclado. A continuación, la figura 1.



*Figura 1:* Estabilidad del patrón para ensayos con plástico reciclado  
Fuente: Elaboración Propia

### **Interpretación:**

En la Gráfica N° 3 se observa que por cada contenido de asfalto en las mezclas asfálticas en caliente se determina una estabilidad dada, por lo tanto, se observa que todas las mezclas asfálticas con distintos contenidos de asfalto sobrepasan el mínimo de 815kg en estabilidad, lo que indica que si cumplen con las Especificaciones técnicas Generales para la Construcción EG-2013 en lo que respecta a la estabilidad. A medida que se incrementa más % de asfalto en la mezcla asfáltica en caliente se va aumentando la estabilidad hasta llegar a un punto de quiebre donde empieza a bajar. El contenido óptimo asfáltico es 5.8%% cuando se obtiene una estabilidad de 1191.4kg.

### • **Porcentaje de Vacíos**

“El porcentaje de vacíos se encuentran entre los agregados revestidos de asfalto en la mezcla compactada ya que son pequeños espacios de aire. Es de mucha importancia que las mezclas densamente graduadas comprendan un preciso porcentaje de vacíos [...]” [33].

- Se tiene el cálculo de Y1 por medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra patrón para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 5.2%	
5	6.4
<b>5.2</b>	<b>Y1</b>
5.5	4.8

$$Y1 = 6.4 + \frac{5.2 - 5}{5.5 - 5} * (4.8 - 6.4)$$

$$Y1 = 5.76$$

- Se tiene el cálculo de Y2 por medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra patrón para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 5.8%	
5.5	4.8
<b>5.8</b>	<b>Y1</b>
6	3.6

$$Y1 = 4.8 + \frac{5.8 - 5.5}{6 - 5.5} * (3.6 - 4.8)$$

$$Y1 = 4.08$$

- Se tiene el cálculo de Y3 por medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra patrón para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 6.3%	
6	3.6
<b>6.3</b>	<b>Y1</b>
6.5	2.4

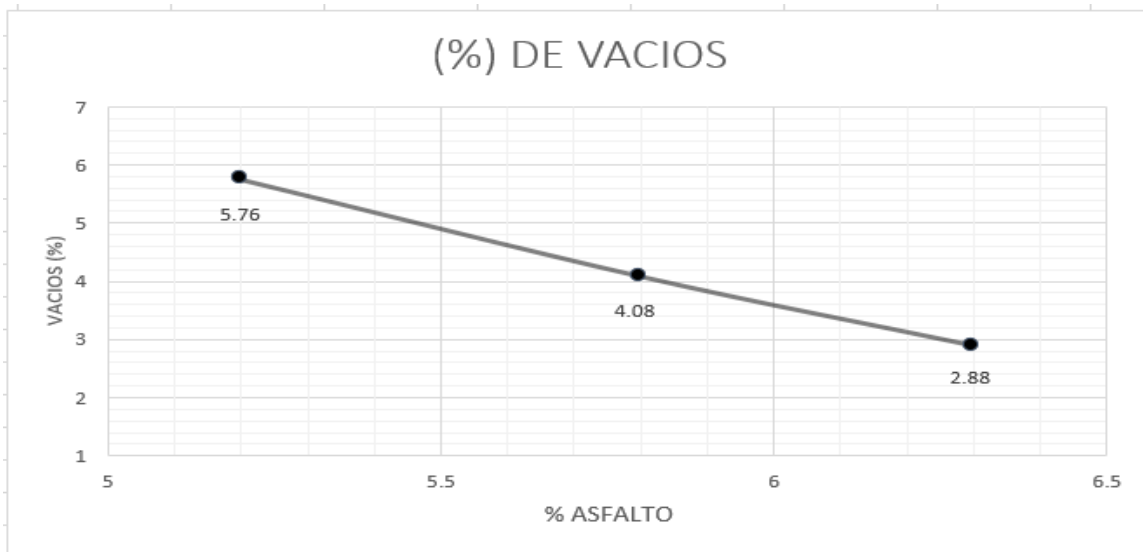
$$Y1 = 3.6 + \frac{6.3 - 6}{6.5 - 6} * (2.4 - 3.6)$$

$$Y1 = 2.88$$

**Tabla 6. Resumen de porcentaje de vacíos Convencional para ensayo con plástico reciclado**

Porcentaje de asfalto	Porcentaje de Vacios (%)
5.2	5.76
5.8	4.08
6.3	2.88

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2: Porcentaje de vacíos para ensayo con plástico reciclado**

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** En la gráfica N°4 Se observa que para el porcentaje de vacíos se reduce en medida que va incrementando el porcentaje de asfalto. Los resultados demuestran que el contenido óptimo de asfalto es 5.8% con un porcentaje de vacíos de 4.08%, encontrándose dentro del intervalo de 3% - 5% en vacíos con aire, la cual demuestra que si cumplen con las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

• ***Rígidez***

“El ensayo de estabilidad está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. La fluencia mide la deformación, bajo carga que ocurre en la mezcla. Las mezclas que contienen valores bajos de fluencia y valores muy altos de estabilidad son considerados demasiado frágiles y rígidas para un pavimento en servicio. Aquellas que tienen valores altos de fluencia son consideradas demasiado plásticas y tienen tendencia a deformarse fácilmente bajo las cargas del tránsito” [34].

- Se tiene el cálculo de Y1 por medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra patrón para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 5.2%	
5	4800.9
<b>5.2</b>	<b>Y1</b>
5.5	4081.4

$$Y1 = 4800.9 + \frac{5.2 - 5}{5.5 - 5} * (4081.4 - 4800.9)$$

$$Y1 = 4513.1$$

- Se tiene el cálculo de Y2 por medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra patrón para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 5.8%	
5.5	4081.4
<b>5.8</b>	<b>Y1</b>
6	3677.4

$$Y1 = 4081.4 + \frac{5.8 - 5.5}{6 - 5.5} * (3677.4 - 4081.4)$$

$$Y1 = 3839$$

- Se tiene el cálculo de Y3 por medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra patrón para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 6.3%	
6	3677.4
<b>6.3</b>	<b>Y1</b>
6.5	3230.6

$$Y1 = 3677.4 + \frac{6.3 - 6}{6.5 - 6} * (3230.6 - 3677.4)$$

$$Y1 = 3409.32$$

**Tabla 7. Resumen de porcentaje del Índice de Rigidez convencional para ensayo con plástico reciclado**

Porcentaje de Cemento Asfáltico	Rígidez (kg/cm)
5.2	4513.1
5.8	3839
6.3	3409.3

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la interpolación se realiza la siguiente grafica de acuerdo a los valores bases de la tesis y los obtenidos por la interpolación.

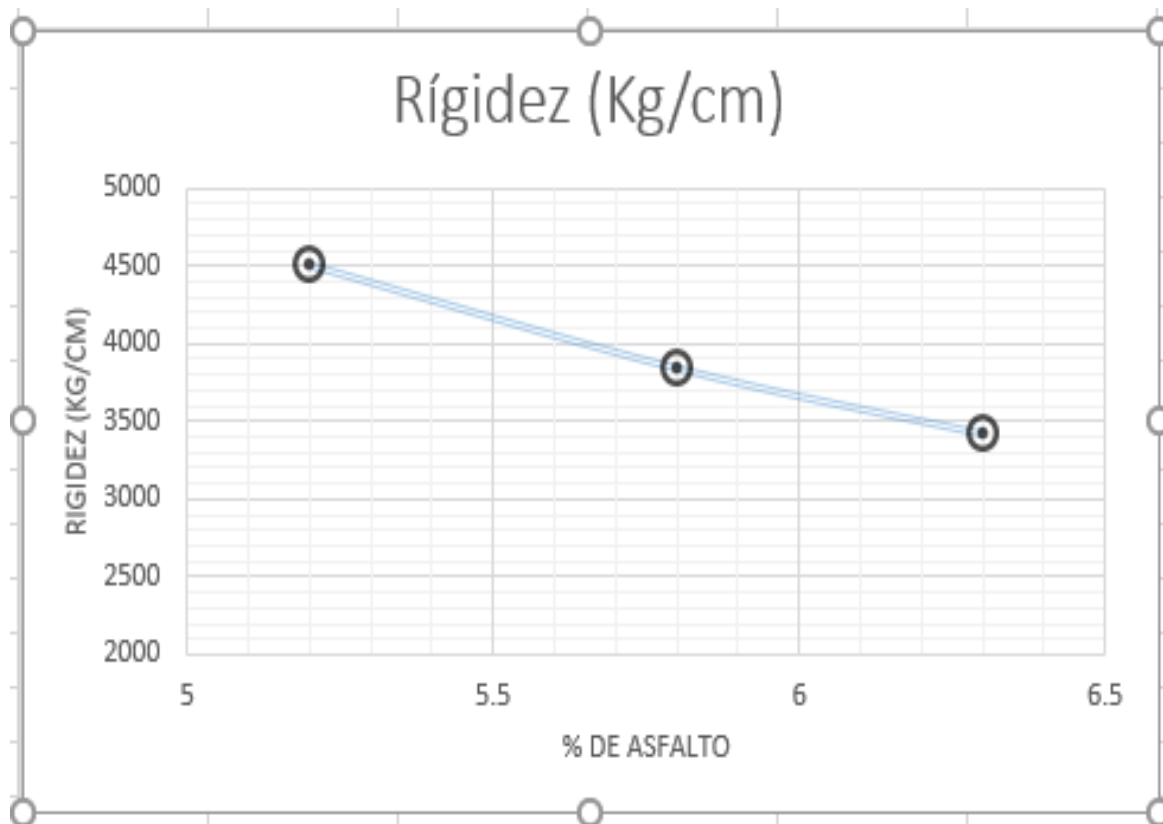


Figura 3: Índice de Rigidez para ensayo con plástico reciclado.  
Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** En la Gráfica N° 5 Se observa que el valor del Índice de Rigidez Marshall se logra conseguir con diferentes contenidos de asfalto. Se observa que 2 mezclas asfálticas con contenidos de asfalto de 5.8% y 6.3% se encuentran dentro del intervalo de 1700kg/cm – 4000kg/cm del Índice de Rigidez Marshall, la cual cumplen con las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013. La máxima Rigidez Marshall obtenida es 4513.1kg/cm, el cual pertenece a la mezcla con 5.2% de C.A. y el mínimo del Índice de Rigidez Marshall es de 3409.3kg/cm cuando la mezcla presenta un 6.3% de C.A. A medida que se aumenta más porcentaje de asfalto en la mezcla asfáltica en caliente se va reduciendo el Índice de Rigidez Marshall. Se obtuvo un contenido óptimo de asfalto 5.8% cuando su Índice de Rigidez Marshall es de 3839kg/cm.



**Tabla 8. Resultado de la Mezcla asfáltica convencional**

<b>Porcentaje de Cemento Asfáltico</b>	<b>Estabilidad (kg)</b>	<b>Porcentaje de Vacíos</b>	<b>E/F Rígidez (kg/cm)</b>
5.2	1123.4	5.76	4513.1
5.8	1191.4	4.08	3839
6.3	1160.1	2.88	3409.3

Fuente: Elaboración propia

### **EN RESUMEN**

Obteniendo todos los resultados de los ensayos Marshall, se observa que el contenido óptimo de asfalto es 5.8% para la muestra convencional, ya que si cumplen con los requisitos de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013. Obteniendo una estabilidad es 1191.4kg, con un porcentaje de Vacíos de 4% y su Índice de Rígidez Marshall en un 3839 kg/cm.

### **DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA CON PLASTICO RECICLADO (0.25%,0.35%,0.40%) MEDIANTE EL ENSAYO MARSHALL**

#### **ENSAYO MARSHALL**

“El ensayo Marshall consiste en aplicar una determinada carga a una briqueta de mezcla asfáltica en caliente a través de una mordaza anular, con la finalidad de obtener el porcentaje optimo del ligante asfáltico con respecto a los agregados que componen una mezcla asfáltica, desde el análisis de los resultados de estabilidad, densidad, flujo y vacíos” [35].

El resultado obtenido después del ensayo marshall de la mezcla asfáltica convencional y modificada con la adición de fibras de polietileno, se analiza y se evalúa la

estabilidad, porcentaje de vacíos y índice de Rígidez con respecto a la adición de fibras de polietileno; cuyos comportamientos se muestran a continuación:

Las tablas y figuras bases del ensayo Marshall (Estabilidad) para saber la propiedad de estabilidad de la mezcla asfáltica que se visualiza a continuación y fueron logradas por medio de análisis documental en los ensayos practicados y presentes en las tesis de Cañarí Otero, Calixto; en su investigación titulada: *“Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente con adición de fibras de polipropileno”*

**Tabla 9. Resultado de ensayo marshall mezcla asfáltica modificada**

Porcentaje de la mezcla asfáltica con polipropileno	Estabilidad (kg)
0.2	1764.4
0.4	1614.0
0.6	1724.2

Fuente: Tesis Cañarí Otero Calixto, 2019

### **A. Estabilidad**

- Se tiene el cálculo de Yx medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra de mezcla convencional modificada con 0.25%, 0.35%, 0.45% para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 0.25%	
0.2	1764.4
<b>0.25</b>	<b>Yx</b>
0.4	1614.0

$$Y_1 = 1764.4 + \frac{0.25 - 0.2}{0.4 - 0.2} * (1614.0 - 1764.4)$$

$$Y_1 = 1726.8$$

- Se tiene el cálculo de Yx medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra de mezcla convencional modificada con 0.25%, 0.35%, 0.45% para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 0.35%	
0.2	1764.4
<b>0.35</b>	<b>Yx</b>
0.4	1614.0

$$Y1 = 1764.4 + \frac{0.35 - 0.2}{0.4 - 0.2} * (1614.0 - 1764.4)$$

$$Y1 = 1651.6$$

- Se tiene el cálculo de Yx medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra de mezcla convencional modificada con 0.25%, 0.35%, 0.45% para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado}

Para 0.45%	
0.4	1614.0
<b>0.45</b>	<b>Yx</b>
0.6	1724.2

$$Y1 = 1614.0 + \frac{0.45 - 0.4}{0.6 - 0.4} * (1724.2 - 1614.0)$$

$$Y1 = 1641.55$$

**Tabla 10. Resumen de estabilidad de la mezcla asfáltica modificada con plástico reciclado**

Porcentaje del Cemento Asfáltico modificado	Estabilidad (kg)
0.25	1726.8

0.35	1651.6
0.45	1641.5

Fuente: Elaboración propia

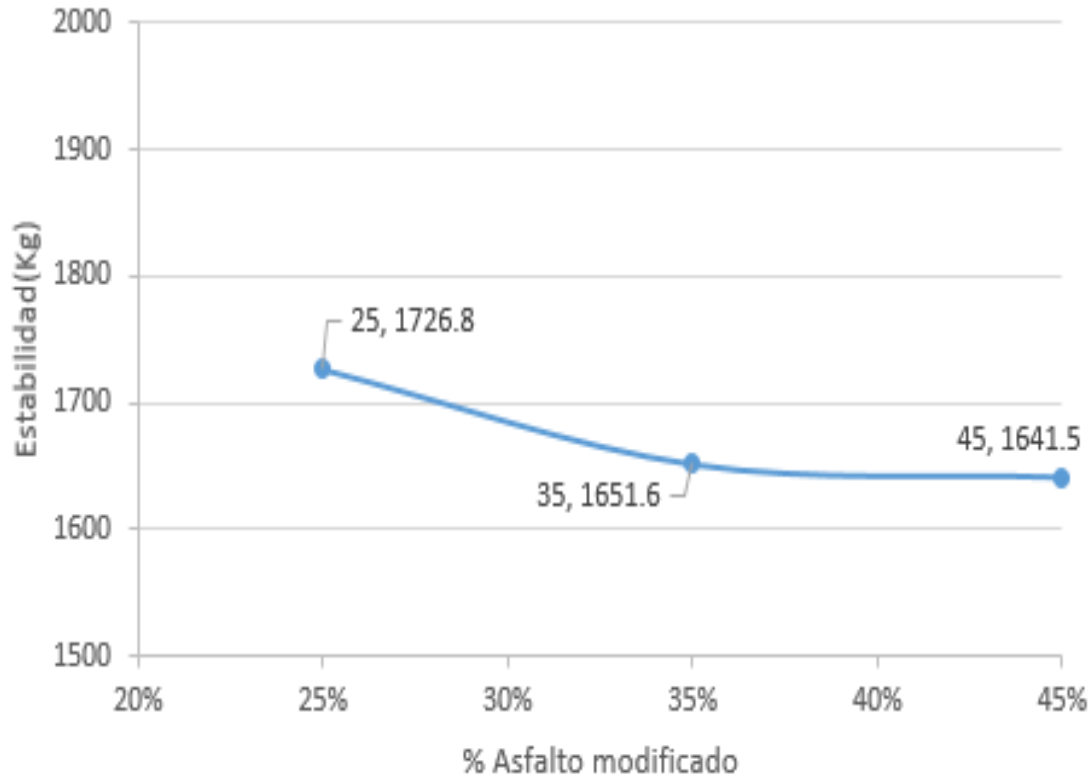


Figura 4: Estabilidad de la mezcla asfáltica modificada para ensayos con plástico reciclado

Fuente: Elaboración propia, 2020

**Interpretación:** En la figura N°6 se muestra que por cada contenido de asfalto modificado con 0.25%, 0.35% y 0.45% de plástico de polietileno existe un valor de estabilidad dada, por consiguiente, se observa que para todas las mezclas asfálticas con diferentes contenidos de asfalto modificado sobrepasan el mínimo de 815kg en estabilidad. A medida que se incrementa más % de asfalto modificado en la mezcla asfáltica modificada en caliente se va reduciendo la estabilidad, por lo tanto, el

contenido óptimo de asfalto modificado es 0.25% de Pet cuando se obtiene una estabilidad de 1726.8kg

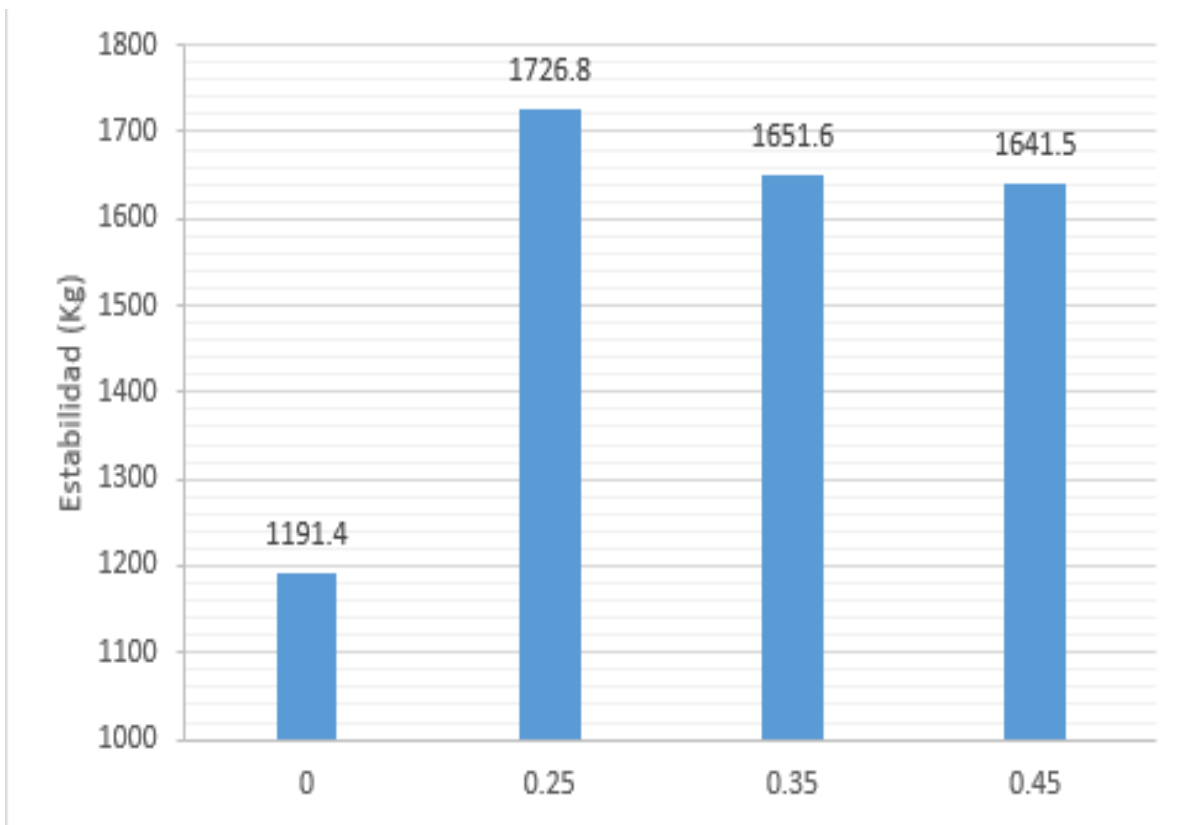


Figura 5: Estabilidad de la mezcla asfáltica modificado para ensayos con plástico reciclado

Fuente: Elaboración propi,2020

**Interpretación:** Como se muestra en la figura N° 7, se puede afirmar que existe una reducción en la estabilidad de mezclas asfálticas, mientras que en la mezcla convencional tenemos una estabilidad de 1191.4kg; al incorporar 0.255 de Pet en relación a la mezcla la estabilidad aumenta con un valor 1726.8kg. Los resultados de la incorporación del 0.25% aportan mayor estabilidad de la mezcla mejorando así su comportamiento frente a deformaciones y desplazamientos por acción de cargas del tránsito.

Las tablas y figuras bases del ensayo Marshall (% de Vacíos y Rígidez Marshall) para saber las propiedades de durabilidad y flexibilidad de la mezcla asfáltica que se visualiza a continuación y fueron logradas por medio de análisis documental en los

ensayos practicados y presentes en las tesis de Arévalo Palomino, Harold Y Lucho Valle, Jhazmin Yesennia; en su investigación titulada: *“Influencia de la incorporación de poliestireno en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, Lima-*

**Tabla 11. Resultado de ensayo marshall mezcla asfáltica modificada**

Tipo de Mezcla asfáltica	C.A%	Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	% Vacíos	% VMA	Estabilidad (kg)	Flujo (mm)	Relación Estabilidad flujo (kg/mm)
Mezcla asfáltica convencional	6.4	2.372	4.1	18.8	1598.4	4.4	3517.0
Mezcla asfáltica con % 0.2 poliestireno	6.2	2.369	4.1	18.6	1475.0	4.7	3170.0
Mezcla asfáltica con % 0.3 poliestireno (óptimo)	6.2	2.374	4.0	18.5	1611.0	4.4	3698.0
Mezcla asfáltica con % 0.5 poliestireno	6.5	2.381	3.9	18.6	1736.0	4.8	3625.0

Fuente: Tesis de Harold Arévalo y Jhazmin Lucho, 2019

#### **A. Porcentaje de Vacíos**

- Se tiene el cálculo de Yx medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra de mezcla convencional modificada con 0.25%, 0.35%, 0.40% para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 0.25%	
0.2	4.1
<b>0.25</b>	<b>Yx</b>
0.3	4.0

$$Y_x = 4.1 + \frac{0.25 - 0.2}{0.3 - 0.2} * (4.0 - 4.1)$$

$$Y_x = 4.05$$

- Se tiene el cálculo de Yx medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra de mezcla convencional modificada con 0.25%, 0.35%, 0.40% para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 0.35%	
0.3	4.0
<b>0.35</b>	<b>Yx</b>
0.5	3.9

$$Y1 = 4.0 + \frac{0.35 - 0.3}{0.5 - 0.3} * (3.9 - 4.0)$$

$$Y1 = 3.97$$

- Se tiene el cálculo de Yx medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra de mezcla convencional modificada con 0.25%, 0.35%, 0.40% para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 0.40%	
0.3	4.0
<b>0.40</b>	<b>Yx</b>
0.5	3.9

$$Y1 = 4.0 + \frac{0.40 - 0.3}{0.5 - 0.3} * (3.9 - 4.0)$$

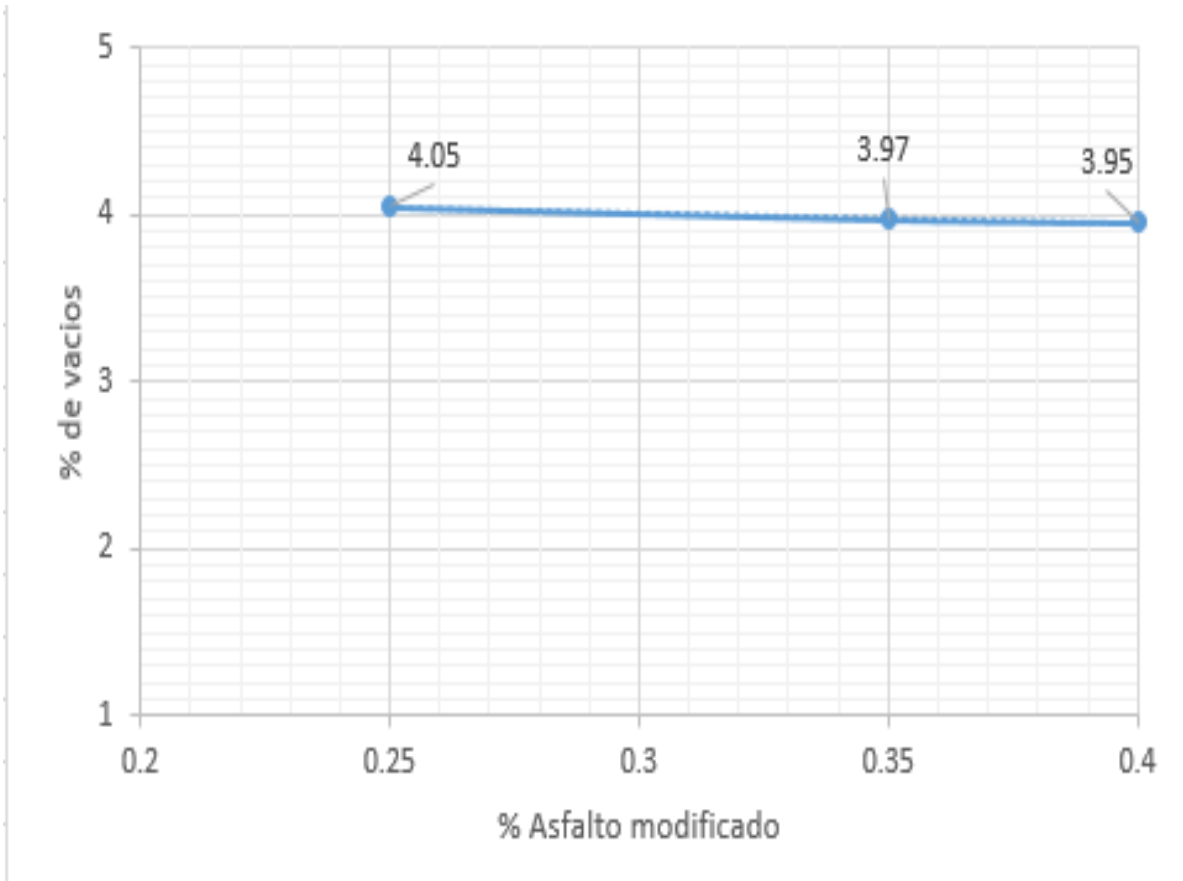
$$Y1 = 3.95$$

**Tabla 12. Resumen del porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica modificada con plástico reciclado**

Porcentaje del Cemento Asfáltico Modificado	% de Vacios
0.25	4.05

0.35	3.97
0.40	3.95

Fuente: Elaboración propia

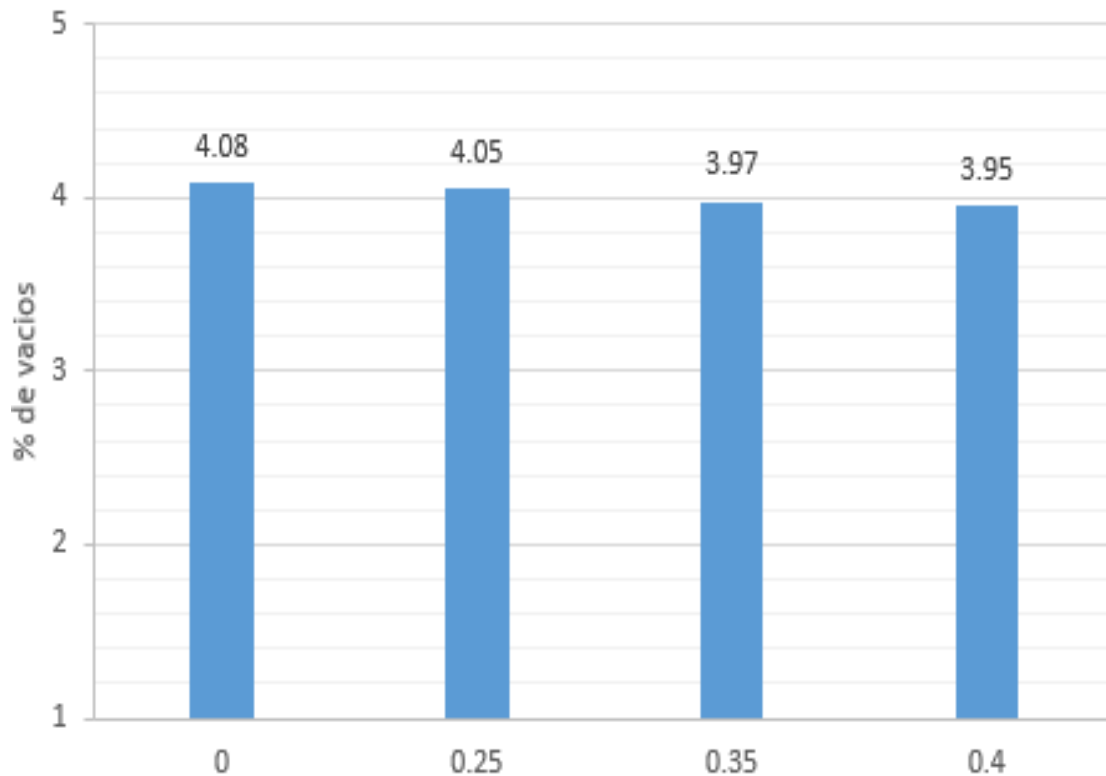


*Figura 6:* Porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica modificada para ensayos con plástico reciclado

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la figura N° 8 se observa que para el % de vacíos con aire se reduce en medida que se incrementa el % de asfalto. Los resultados muestran que el contenido óptimo de asfalto modificado es 0.25% con un porcentaje de vacíos con aire de 4.0% encontrándose dentro del intervalo de 3% - 5% en vacíos con aire, la cual indica que cumple con las Especificaciones Técnicas Generales para las Construcción EG-2013.





*Figura 7:* Porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica modificada para ensayos con plástico reciclado  
Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:**

Como se muestra en la Figura N°9, se puede afirmar que existe una reducción del porcentaje de vacíos, las mezclas asfálticas convencional con un porcentaje del 4.0%, mientras que en las mezclas modificadas con el 0.25% de Pet se encuentra reduciendo con un valor del 4.0% con respecto a la mezcla convencional. Estos valores aportan a un mejor comportamiento de la mezcla ya que el valor deseado del contenido de vacíos se encuentra entre el 3% y 5% para satisfacer las propiedades de la mezcla asfáltica.

**B. Rígidez**

- Se tiene el cálculo de Yx medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra de mezcla convencional modificada con 0.25%, 0.35%, 0.40% para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 0.25%	
0.2	3170
<b>0.25</b>	<b>Yx</b>
0.3	3698

$$Y_1 = 3170 + \frac{0.25 - 0.2}{0.3 - 0.2} * (3698 - 3170)$$

$$Y_1 = 3434$$

- Se tiene el cálculo de Yx medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra de mezcla convencional modificada con 0.25%, 0.35%, 0.40% para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 0.35%	
0.3	3698
<b>0.35</b>	<b>Yx</b>
0.5	3625

$$Y_1 = 3698 + \frac{0.35 - 0.3}{0.5 - 0.3} * (3625 - 3698)$$

$$Y_1 = 3679.75$$

- Se tiene el cálculo de Yx medio de la interpolación de tipo lineal para la muestra de mezcla convencional modificada con 0.25%, 0.35%, 0.40% para ser empleado en los ensayos con plástico reciclado

Para 0.40%	
0.3	3698
<b>0.40</b>	<b>Yx</b>
0.5	3625

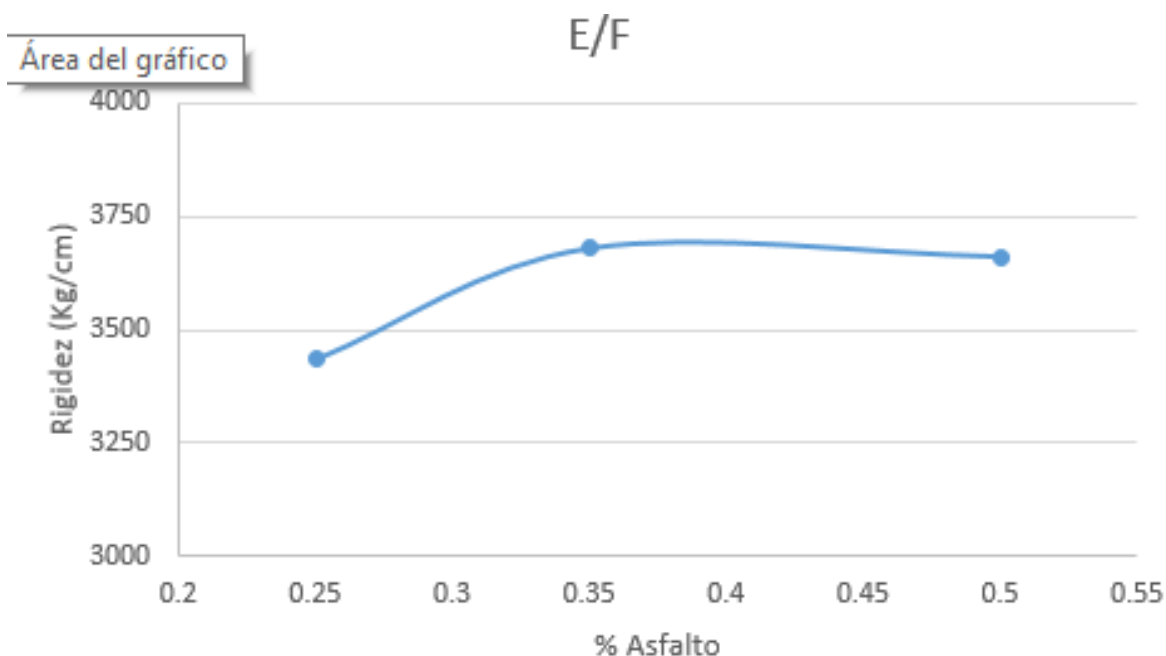
$$Y_1 = 3698 + \frac{0.40 - 0.3}{0.5 - 0.3} * (3625 - 3698)$$

$$Y_1 = 3661.5$$

**Tabla 13. Resumen del índice de Rigidez de la mezcla asfáltica modificada con plástico reciclado**

Porcentaje del Cemento Asfáltico Modificado	E/F Rigidez (kg/cm)
0.25	3434
0.35	3679.75
0.40	3661.5

Fuente: Elaboración propia

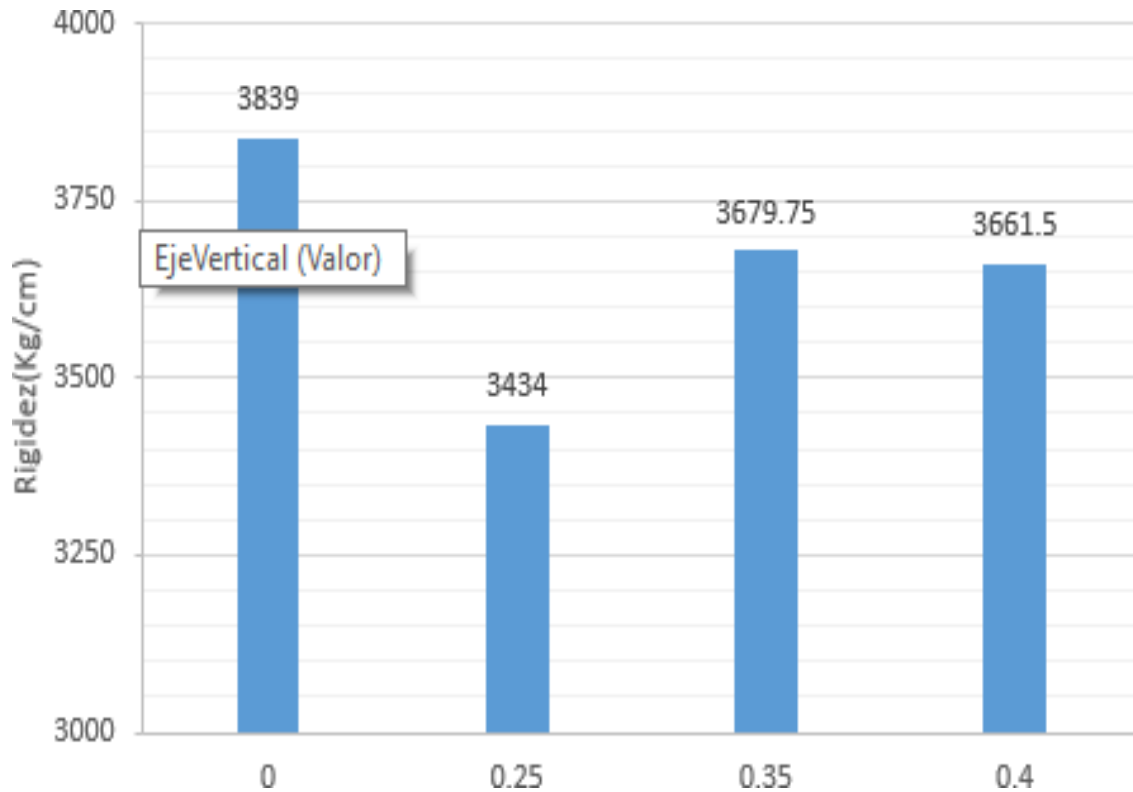


**Figura 8:** Rigidez de la mezcla asfáltica modificada para ensayos con plástico reciclado

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la Gráfica N°10 se observa que a medida que se incrementa más porcentaje de asfalto modificado con un 0.25% de plástico Pet reciclado en la mezcla asfáltica en caliente aumenta el Índice de Rigidez Marshall en un 3434kg/cm. Todas

las mezclas asfálticas modificadas si cumplen con los parámetros del Índice de Rigidez Marshall de la norma, ya que se encuentran dentro de los intervalos 1700kg/cm – 4000kg/cm.



*Figura 9:* Índice de Rigidez marshall asfáltica modificada para ensayos con plástico reciclado

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Como se puede apreciar en la figura N° 11, tenemos una rigidez de 3839kg/cm con la mezcla convencional mientras que para la mezcla modificada con poliestireno tenemos 3434kg/cm incorporando 0.25% de Pet en relación a la mezcla convencional, aumentando así el índice de rigidez para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica y tener una mayor flexibilidad del pavimento.

Para la tabla N° 12 El diseño de mezcla asfáltica que se consideró en esta tesis es de 0.25% de Pet, por esa razón se obtuvo el diseño por medio de fuentes secundarias (**Tabla 6, Tabla 8, Tabla 10 y Tabla 11**) que realizaron el diseño por medio del método

Marshall según el MTC E-504 que luego ha sido corregido por la estabilidad, % de vacíos y el Índice de Rígidez

**Tabla 14. Resultados de la mezcla asfáltica modificada con porcentajes de plástico reciclado**

Porcentaje de Cemento Asfáltico	Estabilidad (kg)	% Vacíos	E/F Rígidez (kg/cm)
<b>Mezcla Convencional</b>	1191.4	4.0	3839
<b>Mezcla Asfáltica modificada con 0.25% de Pet</b>	1726.8	4.0	3434
<b>Mezcla Asfáltica modificada con 0.35% de Pet</b>	1651.6	3.9	3679.7
<b>Mezcla Asfáltica modificada con 0.40% de Pet</b>	1641.5	3.9	3661.5

Fuente: Elaboración Propia

### **Contrastación de Hipótesis**

✓ La dosificación óptima del plástico reciclado, aumentará la durabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, cañete 2020.

Por medio de los ensayos realizados en la presente tesis, se afirmó la influencia de las dosificaciones de Pet en la mezcla asfáltica, por lo mismo que a mayor proporción de mezcla asfáltica modificada disminuye el % de vacíos como se ve en la tabla 10 y al haber empleado 0.25% de Pet se obtuvo un 4.05 de % de vacíos, aumentando la durabilidad de la mezcla asfáltica.

✓ La dosificación óptima del plástico reciclado, aumentará la estabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, cañete 2020.

Con los resultados obtenidos en la presente tesis, en la mezcla asfáltica a mayor proporción de Pet se generó una reducción en la estabilidad, siendo la dosificación óptima el 0.25% de Pet, que ocasionó un incremento en la estabilidad de 1726.8kg de

la mezcla asfáltica modificada siendo superior a la mezcla convencional; por lo tanto, aumenta la estabilidad de la mezcla asfáltica.

- ✓ La dosificación óptima del plástico reciclado, aumentará la flexibilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, cañete 2020.

Con los resultados obtenidos en la presente tesis, en la mezcla asfáltica a mayor proporción de Pet generó un aumento en la rigidez, siendo la dosificación óptima el 0.25% de Pet con un valor de rigidez de 3434kg/cm, mejorando las propiedades de la mezcla asfáltica aumentando así la flexibilidad del pavimento.

## V. DISCUSIONES

## V. DISCUSIONES

“The purpose of the discussion is to explain and describe the importance of your solutions once you get to know the research problem that you must find out and explain how a new problem [...]” [36].

Con respecto con las hipótesis específicas de la mezcla asfáltica en caliente modificada con la adición de 0.25%, 0.35% y 0.40% de plástico Pet reciclado con respecto a la mezcla asfáltica en caliente convencional, se obtuvo que la adición optima de 0.25% de plástico Pet reciclado influye significativamente en el incremento de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica modificada con respecto a la mezcla asfáltica convencional.

### 5.1. Influencia del plástico reciclado en la Durabilidad de la Mezcla Asfáltica

“Es una propiedad de la mezcla asfáltica para soportar los efectos perjudiciales causados por el agua, aire, temperaturas, y las cargas debido al tráfico. Estos efectos perjudiciales provocan una desintegración del agregado, cambiando las propiedades del asfalto [...]” [37].

**Resultados.** – Al incorporar el plástico Pet reciclado se obtiene un porcentaje óptimo de 0.25% de Pet modificado, el cual aumenta el porcentaje de vacíos con un 4% y para la mezcla asfáltica convencional con un 4%, la cual se encuentran dentro de los parámetros establecidos, de esta manera aumenta indirectamente la propiedad de la durabilidad.

**Antecedentes.** – Silvestre (2107) en su investigación demostró que al utilizar el plástico Pet triturado en diferentes dosificaciones conformado por 0.5%, 1.0%, 1.5% de manera directa a la mezcla asfáltica, obteniendo una reducción en sus resultados en cuanto al porcentaje de vacíos, en relación a la muestra convencional.

**Hipótesis.** – La dosificación optima del plástico reciclado, aumentará la durabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, cañete 2020. Por medio de los cálculos de interpolación y comparación con otras tesis realizadas para el ensayo de porcentaje de vacíos se pudo corroborar la influencia que tiene en sus dosificaciones



de plástico Pet reciclado en los porcentajes agregados, ya que mediante el ensayo marshall se obtuvo un porcentaje de vacíos de 4% aumentando la durabilidad.

**Pregunta.** – ¿Cuánto influye la dosificación óptima del plástico reciclado en la durabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020? En el desarrollo de los resultados (base a los resultados del tesista), se obtuvo un porcentaje de vacíos en la mezcla convencional de 4.0%, pero al incorporarse el plástico Pet reciclado en porcentajes de 0.25%, 0.35% y 0.40% se obtuvo como resultado una reducción del porcentaje de vacíos en 4.0%, 3.9% y 3.4%. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros de la norma del MTC E-504, ya que están dentro de los rangos de 3% - 5%, obteniendo un incremento del porcentaje de vacíos con un 4% aumentando así la durabilidad que se encuentra indirectamente relacionado con el porcentaje de vacíos (Óptimo: Resultado matemático más favorable).

## **5.2. Influencia del plástico reciclado en la Estabilidad de la Mezcla Asfáltica**

**Resultados.** – Al incorporar el plástico Pet reciclado se obtiene una estabilidad óptima de 0.25% de Pet modificado el cual aumenta la estabilidad con un 1726.8kg, y para la mezcla asfáltica convencional disminuye la estabilidad con un 1191.4kg, la cual se encuentran dentro de los parámetros establecidos, de esta manera aumenta la estabilidad.

**Antecedentes.** – Corbacho (2019) en su investigación demostró que al utilizar el plástico Pet en diferentes dosificaciones conformado por 0.2%, 0.4%, 0.5%, 0.6%, 0.8%, 1.0%, 1.2%, 1.5%, 1.7%, 2.0% y 4.0% de manera directa a la mezcla asfáltica, obteniendo una disminución en sus resultados en cuanto a la estabilidad, en relación a la muestra convencional.

**Hipótesis.** – La dosificación óptima del plástico reciclado, aumentará la estabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, cañete 2020. Por medio de los cálculos de interpolación y comparación con otras tesis realizadas para el ensayo de Estabilidad se pudo corroborar la influencia que tienen en sus dosificaciones del plástico Pet reciclado en los porcentajes agregados, ya que mediante el ensayo marshall se obtuvo una estabilidad óptima de 1726kg modificado con 0.25% de Pet, la cual al aumentar

más porcentaje de plástico reciclado va disminuyendo la estabilidad; pero si cumplen los parámetros establecidos según lo indicado.

**Pregunta.** – ¿Cuánto influye la dosificación óptima del plástico reciclado en la estabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020? En el desarrollo de los resultados (base a los resultados del tesista), se obtuvo un porcentaje de estabilidad para la mezcla convencional de 1191.4kg, con un porcentaje óptimo de 5.8% de cemento asfáltico; pero al incorporarse el plástico Pet reciclado en porcentajes de 0.25%, 0.35% y 0.40% se obtuvo como resultado una reducción de estabilidad en 1726.8kg, 1651.6kg, 1641.5kg. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros de la norma del MTC E-504, ya que están dentro de los parámetros establecido, obteniendo un incremento de la estabilidad en un 20.5% de la convencional el cual aumenta la estabilidad (Óptimo: Resultado matemático más favorable).

### **5.3. Influencia del plástico reciclado en la Flexibilidad de la Mezcla Asfáltica**

“Es la capacidad de la carpeta asfáltica para adaptarse ligeramente, sin sufrir agrietamiento, soportar los movimientos graduales y asentamiento de las bases y subbases. Los asentamientos en los pavimentos pueden ocurrir debido a que falle cualquier de sus componentes [...]” [38].

**Resultados.** – Al incorporar el plástico Pet reciclado se obtiene una rigidez óptima de 0.25% de Pet modificado el cual disminuye el índice de rigidez con un 3434kg/cm, y para la mezcla asfáltica convencional aumenta la rigidez con un 3839kg/cm, la cual se encuentran dentro de los parámetros establecidos, de esta manera aumenta el índice de Rigidez.

**Antecedentes.** – Villagaray (2017) en su investigación utilizó el plástico Pet en diferentes dosificaciones conformado por 0.5%, 1.0%, de manera directa a la mezcla asfáltica, obteniendo un aumento en sus resultados en cuanto al índice de rigidez, en relación a la muestra convencional.

**Hipótesis.** – La dosificación óptima del plástico reciclado, aumentará la estabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, cañete 2020. Por medio de los cálculos de interpolación y comparación con otras tesis realizadas para el ensayo de índice de rigidez se pudo corroborar la influencia que tienen en sus dosificaciones del plástico Pet reciclado en los porcentajes agregados en un 0.25%, 0.35% y 0.40%, ya que mediante el ensayo marshall se obtuvo una rigidez óptima de 3434kg/cm modificado con 0.25% de Pet, la cual al aumentar más porcentaje de plástico reciclado aumenta el índice de rigidez; el cual si cumplen los parámetros establecidos según lo indicado.

**Pregunta.** – ¿Cuánto influye la dosificación óptima del plástico reciclado en la flexibilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020? En el desarrollo de los resultados (base a los resultados del tesista), se obtuvo un porcentaje de índice de rigidez para la mezcla convencional de 3839kg/cm, con un porcentaje óptimo de 5.8% de cemento asfáltico; pero al incorporarse el plástico Pet reciclado en porcentajes de 0.25%, 0.35% y 0.40% se obtuvo como resultado un aumento de índice de rigidez en 3434kg/cm, 3679.7kg/cm y 3661.5kg/cm. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros de la norma del MTC E-504, ya que están dentro de los rangos de 1700kg - 4000kg, obteniendo un aumento de un 31.5% de la convencional el cual aumenta el índice de rigidez (Óptimo: Resultado matemático más favorable).

## **VI. CONCLUSIONES**

## VI. CONCLUSIONES

“La conclusión de una tesis debe indicar la información o los hallazgos más relevantes, pero al mismo tiempo darle un cierre al tema. Describirla puede parecer sencillo al principio, pero lo cierto es que [...]” [39].

A continuación, se presenta la conclusión que se ha logrado con esta investigación, así mismo se recomienda para futuras investigaciones referentes a la mezcla asfáltica modificada con plástico Pet reciclado.

**Objetivo General,** Determinar cuánto influye la incorporación del plástico reciclado en comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020.

Se determinó que, la mezcla asfáltica en caliente con plástico Pet reciclado, mejoran las características del pavimento encontrado en la avenida Herbay Alto – Cañete, observando su evaluación en sus propiedades mecánicas: 1) al aumentar su porcentaje de vacíos, aumenta la durabilidad de la mezcla asfáltica; 2) al disminuir la estabilidad y 3) al aumentar su índice de rigidez, aumenta su flexibilidad.

**Objetivo Específico 1,** se evaluó la dependencia del porcentaje de plástico Pet reciclado en los ensayos de porcentaje de vacíos, ya que influyeron en el incremento de porcentaje de vacíos en 4% al incorporarse 0.25% de plástico Pet reciclado; así también como la reducción del porcentaje de vacíos hasta un 3.4% al incorporar 0.40% de plástico Pet reciclado; entonces la influencia está directamente relacionada con los porcentajes propuestos, por lo que la influencia de mejora con respecto al porcentaje de vacíos, el cual queda comprobada.

**Objetivo Específico 2,** se evaluó la dependencia del porcentaje de plástico Pet reciclado en los ensayos de estabilidad, ya que influyeron en la estabilidad aumentando en un 20.5% al incorporar 0.25% de plástico Pet reciclado; entonces el mejoramiento de la mezcla asfáltica está relacionado con los porcentajes propuestos, por lo que el mejoramiento es positivo con respecto a la estabilidad de la mezcla asfáltica, el cual queda comprobada.

**Objetivo Específico 3,** Se evaluó la dependencia de la proporción óptima del plástico Pet reciclado en el índice de rigidez de las propiedades de la mezcla asfáltica.

Para el ensayo de rigidez, influyo en el aumento de hasta 3434kg/cm con una incorporación de 0.25% de plástico Pet reciclado, por lo que se encuentra relacionada a los porcentajes propuestos, garantizando una mejor calidad de esta propiedad que se encuentra relacionada con la flexibilidad, por lo que la dependencia positiva con respecto a la proporción optima de plástico Pet reciclado queda comprobada.

## **VII. RECOMENDACIONES**

## VII. RECOMENDACIONES

“The recommendations are found in all the recommendations that are described. All these recommendations can be used for future research; such as articles or for scientific research.” [40].

**Objetivo Especifico 1,** En la presente investigación al elegirse porcentajes de plástico Pet reciclado que van de 0.25% hasta un 0.40%, en todas ellas se logró la disminuyendo el porcentaje de vacios; el cual se encuentran dentro de los parámetros establecidos por el ensayo marshall; para continuar la investigación recomendamos incrementar mayor a 0.40% la inclusión de plástico reciclado Pet, hasta obtener la curva del óptimo porcentaje de vacios.

**Objetivo Especifico 2,** En la presente investigación al elegirse como adición el plástico Pet reciclado para incorporar a la mezcla asfáltica, que van desde el mínimo de 815kg, se obtuvo una reducción en la estabilidad convencional en un 1191.4kg y un incremento de la estabilidad modificada en un 1726.8kg al incorporar 0.25% de plástico Pet reciclado, pero al incrementar hasta un 0.40% la estabilidad disminuyo, encontrándose dentro de los parámetros establecidos del ensayo marshall; por lo que, se recomienda incorporar el plástico Pet reciclado solo hasta llegar a la curva de la óptima estabilidad.

**Objetivo Especifico 3,** En la presente investigación al elegirse porcentajes del plástico Pet reciclado que iban desde 0.25% hasta un 0.40%, se logró que al incorporar el 0.25% de plástico Pet reciclado, el Índice de Rigidez disminuyo 3434kg/cm en comparación a la convencional; pero al incorporar el 0.35% de plástico Pet reciclado el Índice de Rigidez aumento; y al incorporar el 0.40% de plástico Pet reciclado el Índice de rigidez volvió a disminuir; para continuar con la investigación recomendamos seguir aumentando las cantidades mayores a 0.40% de la incorporación del plástico Pet reciclado, hasta obtener un mínimo de 1700kg/cm de índice de rigidez, donde al sobrepasar los rangos ya no estarían cumpliendo con los rangos con el Índice de Rigidez.



## REFERENCIAS

1. DELGADO C., SOLANO S. *Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de plástico peletizado LDPE-2019*. Lima – Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2019. [Consultado 25 setiembre 2020]. Disponible en: [file:///C:/Users/Win%2010%20Pro/Downloads/Delgado\\_RCNSolano\\_PSJ%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Win%2010%20Pro/Downloads/Delgado_RCNSolano_PSJ%20(1).pdf)
2. AREVALO H., LUCHO J. *Influencia de la incorporación de poliestireno en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, Lima-2019*. Lima – Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2019. [Consultado 25 setiembre 2020]. Disponible en: [file:///C:/Users/Win%2010%20Pro/Downloads/Arevalo\\_PHLucho\\_VJYSD%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Win%2010%20Pro/Downloads/Arevalo_PHLucho_VJYSD%20(3).pdf)
3. CORBACHO J. *Análisis de la estabilidad marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de rueda cargada de Hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de tereftalato de polietileno reciclado en la ciudad del cusco-2018*. Cuzco – Perú: universidad nacional de san Antonio abad del cusco, 2019. [Consultado 25 setiembre 2020]. Disponible en: [file:///C:/Users/Win%2010%20Pro/Downloads/253T20190016\\_TC%20\(12\).pdf](file:///C:/Users/Win%2010%20Pro/Downloads/253T20190016_TC%20(12).pdf)
4. GUAMANQUISPE F. *Análisis de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas con adición de caucho de llanta reciclado*. Ambato – Ecuador: universidad técnica de Ambato, 2017. [Consultado 25 setiembre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25156/1/Tesis%201108%20-%20Guamanquispe%20Vaca%20Fernanda%20Patricia.pdf>
5. AIMACAÑA J. *Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales*. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2017. [Consultado 25 setiembre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25265/1/Tesis%201114%20-%20Aimaca%c3%b1a%20Iza%20Juan%20Carlos.pdf>

6. CALDERÓN E. *Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden*. Guayaquil – Ecuador: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2018. [Consultado 25 setiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2354/1/T-ULVR-2151.pdf>
7. EARNEST, Matthew. *Performance Characteristics of Polyethylene Terephthalate (pet) Modified Asphalt*. Digital Commons Georgia Southern. [en línea]. Marzo-Setiembre 2015, n.º 3. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2020]. Disponible en <https://digitalcommons.georgiasouthern.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2328&context=etd>
8. OGUNDIPE O. *The use of polyethylene terephthalate waste for modifying asphalt concrete using the marshall test*. Slovak Journal of Civil Engineering [en línea]. 2019. Vol. 27, 2019, No. 2, 9 – 15. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2020]. Disponible en [file:///C:/Users/Win%2010%20Pro/Downloads/\[13383973%20-%20Slovak%20Journal%20of%20Civil%20Engineering\]%20The%20Use%20of%200Polyethylene%20Terephthalate%20Waste%20for%20Modifying%20Asphalt%20Concrete%20Using%20the%20Marshall%20Test%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Win%2010%20Pro/Downloads/[13383973%20-%20Slovak%20Journal%20of%20Civil%20Engineering]%20The%20Use%20of%200Polyethylene%20Terephthalate%20Waste%20for%20Modifying%20Asphalt%20Concrete%20Using%20the%20Marshall%20Test%20(3).pdf)
9. HIDAYAT N., PRATAMA, G., and PRAMITA I. *The Effect of PET Plastic Addition (Polyethylene Terephthalate) and Carbide Waste Filler for Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) on Marshall Characteristics*. IOP Publishing [en línea]. 06 de julio de 2020. Earth and Environmental Science 366 (2019) 012024. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2020]. Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/366/1/012024/pdf>
10. SOJOBI, Adebayo. OLUWASEGUN, Aladegboye. EMEKA, Stephen. *Recycling of polyethylene terephthalate (PET) plastic bottles in bituminous asphalt concrete*. ResearchGate. [en línea]. Enero de 2016. DOI: 10.1080/23311916.2015.1133480. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2020]. Disponible en: [file:///C:/Users/Win%2010%20Pro/Downloads/RecyclingofpolyethyleneterephthalatePETplasticbottlewastesinbituminousasphalticconcrete%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Win%2010%20Pro/Downloads/RecyclingofpolyethyleneterephthalatePETplasticbottlewastesinbituminousasphalticconcrete%20(1).pdf)

11. ALMEIDA A., TRICHÉS G., SHINOHARA K. *Evaluation of the influence of water and temperature on the rheological behavior and resistance to fatigue of asphalt mixtures*. ResearchGate. [en línea]. Octubre de 2017. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.10.030. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2020]. Disponible en: [file:///C:/Users/Win%2010%20Pro/Downloads/Paper\\_ConstructionBuilding\\_Adosindro\\_2017%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Win%2010%20Pro/Downloads/Paper_ConstructionBuilding_Adosindro_2017%20(1).pdf)
12. AHMAD A., RAZALI A., AND RAZELAN I. *Evaluation of the influence of water and temperature on the rheological behavior and resistance to fatigue of asphalt mixtures*. ResearchGate. [en línea]. Octubre de 2017. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.10.030. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2020]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/203/1/012004/pdf>
- 13.- Elaboración de Mezcla asfáltica [Mensaje en un blog]. Lima (1 de marzo de 2012). [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2002]. Recuperado de: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/mezcla-asfaltica/>
14. Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente. Cap.3, pág. 57 del Asphalt Institute MS-22. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2022]. Disponible en: [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_130\\_181\\_83\\_1181.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_130_181_83_1181.pdf)
15. Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente. Cap.3, pág. 57 del Asphalt Institute MS-22. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2022]. Disponible en: [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_130\\_181\\_83\\_1181.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_130_181_83_1181.pdf)
16. Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente. Cap.3, pág. 57 del Asphalt Institute MS-22. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2022]. Disponible en: [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_130\\_181\\_83\\_1181.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_130_181_83_1181.pdf)

17. ESPINOZA S. *Utilización del plástico Pet reciclado como agregado ligante para un diseño de mezcla asfáltica en caliente de bajo tránsito en la ciudad de huanuco-2018*. Huánuco – Perú: Universidad Nacional “Hermilio Valdizán” de Huánuco, 2019, pág. 32, párr. 1  
<http://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/UNHEVAL/4726/TIC00177E88.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
18. MUÑOZ L. *Estudio del uso del polietileno tereftalato (Pet) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012, pág. 49
19. MUÑOZ L. *Estudio del uso del polietileno tereftalato (Pet) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012, pág. 49
20. MUÑOZ L. *Estudio del uso del polietileno tereftalato (Pet) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012, pág. 49
21. MUÑOZ L. *Estudio del uso del polietileno tereftalato (Pet) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012, pág. 50, párr.1-2
22. MUÑOZ L. *Estudio del uso del polietileno tereftalato (Pet) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012, pág. 50, párr. 3-4
23. MUÑOZ L. *Estudio del uso del polietileno tereftalato (Pet) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012, pág. 51, párr. 1
24. RIOS R. *Metodología para la Investigación y Redacción* [en línea]. 2.<sup>a</sup> ed. España: Servicios Académicos Intercontinentales S.L., 2017 [fecha de consulta: 28 de setiembre de 2020]. Disponible

en:[file:///C:/Users/Win%2010%20Pro/Downloads/Metodología%20Investigación%20Rios%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Win%2010%20Pro/Downloads/Metodología%20Investigación%20Rios%20(1).pdf)

ISBN-13: 978-84-17211-23-3

25. HERNANDEZ R. *Metodologia de la Investigación* [en línea]. 6.<sup>a</sup> ed. México: McGraw-Hill / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014 2017 [fecha de consulta: 28 de setiembre de 2020]. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

ISBN: 978-1-4562-2396-0

26. PET. Enciclopedia Británica. 20 de mayo del 2020. Disponible en: <https://www.britannica.com/science/polyethylene-terephthalate#info-article-history>

27. COICUE L., SEPULVEDA C. *Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente mdc-19*. Bogotá – Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2017. [Consultado 25 setiembre 2020]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15277/1/POLIETILENO%20D E%20BAJA%20DENSIDAD%20COMO%20ALTERNATIVA%20PARA%20MEJORAR%20LAS%20PROPIEDADES%20MECANICAS%20DE%20UNA%20MEZCLA%20DENS A%20EN%20CALIENTE%20MDC-19.pdf>

28. ARIAS, Fidas. *El Proyecto de Investigación* [en línea]. 6.<sup>a</sup> ed. Venezuela: EDITORIAL EPISTEME, C.A., 2012 [fecha de consulta: 24 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>

ISBN: 980-07-8529-9

29. ARIAS, Fidas. *El Proyecto de Investigación* [en línea]. 6.<sup>a</sup> ed. Venezuela: EDITORIAL EPISTEME, C.A., 2012 [fecha de consulta: 24 de marzo de 2020].

Disponible en: <https://ebevidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>

ISBN: 980-07-8529-9

- 30.- ARIAS, Fidias. *El Proyecto de Investigación* [en línea]. 6.<sup>a</sup> ed. Venezuela: EDITORIAL EPISTEME, C.A., 2012 [fecha de consulta: 24 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://ebevidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>

ISBN: 980-07-8529-9

- 31.- Redacción de tesis en ciencias [Mensaje en un blog]. (2010). [Fecha de consulta: 27 de octubre de 2020]. Recuperado de [http://users.clas.ufl.edu/msscha/ThesisCSS/thesis\\_results.html](http://users.clas.ufl.edu/msscha/ThesisCSS/thesis_results.html)

- 32.- DE LA CRUZ P., PORRAS M. *Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas en caliente diseñadas por la metodología marshall con el ensayo de la rueda cargada de Hamburgo para el proyecto de rehabilitación de la carretera dv imperial-pampas*. Tesis (Ingeniero Civil). Lima - Perú: Universidad Ricardo Palma, 2057. Disponible

en: [http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2188/delacruz\\_pporras\\_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2188/delacruz_pporras_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- 33.- DE LA CRUZ P., PORRAS M. *Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas en caliente diseñadas por la metodología marshall con el ensayo de la rueda cargada de Hamburgo para el proyecto de rehabilitación de la carretera dv imperial-pampas*. Tesis (Ingeniero Civil). Lima - Perú: Universidad Ricardo Palma, 2057. Disponible

en: [http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2188/delacruz\\_pporras\\_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2188/delacruz_pporras_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- 34.- Colaboradores de Google. Sin autor [en línea]. Google, Asphalt Institute MS-22. [ fecha de consulta: 14 noviembre 2020]. Disponible en: [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_130\\_181\\_83\\_1181.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_130_181_83_1181.pdf)

- 35.- DE LA CRUZ P., PORRAS M. *Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas en caliente diseñadas por la metodología marshall con el ensayo de la rueda cargada de Hamburgo para el proyecto de rehabilitación de la carretera dv imperial-pampas*. Tesis (Ingeniero Civil). Lima - Perú: Universidad Ricardo Palma, 2057. Disponible en:[http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2188/delacruz\\_pporras\\_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2188/delacruz_pporras_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 36.- Biblioteca USC [en línea] [fecha de consulta: 5 noviembre 2020]. Disponible en: <https://libguides.usc.edu/writingguide/discussion>
- 37.- DE LA CRUZ P., PORRAS M. *Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas en caliente diseñadas por la metodología marshall con el ensayo de la rueda cargada de Hamburgo para el proyecto de rehabilitación de la carretera dv imperial-pampas*. Tesis (Ingeniero Civil). Lima - Perú: Universidad Ricardo Palma, 2057. Disponible en:[http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2188/delacruz\\_pporras\\_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2188/delacruz_pporras_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 38.- DE LA CRUZ P., PORRAS M. *Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas en caliente diseñadas por la metodología marshall con el ensayo de la rueda cargada de Hamburgo para el proyecto de rehabilitación de la carretera dv imperial-pampas*. Tesis (Ingeniero Civil). Lima - Perú: Universidad Ricardo Palma, 2057. Disponible en:[http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2188/delacruz\\_pporras\\_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2188/delacruz_pporras_mj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 39.- Colaboradores de Universia. Sin autor [en línea]. Google, La enciclopedia libre, 2018 [ fecha de consulta: 28 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.universia.net/uy/actualidad/orientacion-academica/escribe-conclusion-memorabile-tu-tesis-siguiendo-estos-consejos-1159003.html>
- 40.- Uniresearchers [en línea] [fecha de consulta: 09 noviembre 2020]. Disponible en: <https://uniresearchers.co.uk/blogs/thesis-conclusion-and-recommendation->

[chapter/#:~:text=A%20good%20conclusion%20is%20able,offices%2C%20or%20even%20corporate%20offices.](#)



## **ANEXOS**

## ANEXOS

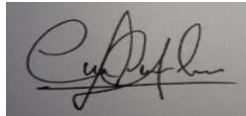
### Anexo 1. Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo Agreda Licas Cindy Jessica, egresado de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo (Sede Lima Norte), declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado:

**“Incorporación del Plástico Reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la Mezcla Asfáltica en la Avenida Herbay Alto, Cañete 2020”**, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación / Tesis:

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

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

Lugar y Fecha: Lima, 30 de Noviembre del 2020	
Apellidos y Nombres del Autor: Agreda Licas Cindy Jessica	
DNI: 44747414	Firma: 
ORCID: 0000-0002-3093-3974	

**Anexo 2. Matriz de operalización de variables**

"Incorporación del Plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica, en la avenida Herbay Alto ,Cañete 2020"					
MATRIZ DE OPERALIZACIÓN					
Variables	Definición	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
<b>V. Independiente:</b> Incorporación del Plástico PET	<b>Según (Hachi y Rodríguez, 2010)</b> El polietileno tereftalato, es presentado como un polímero para fibras por J.R. Whinfield y J. T. Dickinson en 1941. El PET está caracterizado por tener ligereza, resistencia mecánica a las caídas y compresión, con una transparencia y brillo, y 100% reciclable y reutilizable(pág. 31).	La operacionalización consiste en evaluar la incorporación del plástico PET en la mezcla asfáltica, teniendo en cuenta su composición y la aplicación en dicha avenida.	Dosificación del Plástico PET	0.25% del Plástico PET	Experimento aplicando el porcentaje del plástico reciclado
				0.35% del Plástico PET	
				0.40% del Plástico PET	
<b>V. Dependiente:</b> Comportamiento Mecánico de la Mezcla Asfáltica	<b>Según (Estrada, 2017)</b> La mezcla asfáltica (o bituminosa) se le dice a la combinación de áridos (incluido el polvo mineral) con un ligante asfáltico a una temperatura controlada de 160° C aproximadamente. Las cantidades relativas de ligante y áridos determinan las propiedades físicas de la mezcla. (pág. 36)	Es la capacidad de presentar mayor durabilidad y no deformarse al recibir cargas que actúan sobre la capa asfáltica	Durabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido de Asfalto (%)</li> <li>• Vacíos (%)</li> <li>• Estabilidad (kg)</li> <li>• Relación Estabilidad y flujos (Kg/cm)</li> </ul>	Ensayo Marshall MTC E-504
			Estabilidad		
			Flexibilidad		

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 3. Matriz de consistencia

Título: Incorporación del Plástico Reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la Mezcla Asfáltica en la Avenida Herbay Alto, Cañete 2020						
Autor: AGREGA LICAS CINDY JESSICA						
PROBLEMA	OBEJTIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTO			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. INDEPENDIENTE: INCORPORACION DEL PLASTICO RECICLADO			<b>Metodo:</b> Análisis Documental <b>Tipo:</b> (Aplicada) <b>Nivel:</b> Correlacional <b>Diseño:</b> (CuasiExperimental) <b>Enfoque:</b> (Cuantitativo) <b>Población:</b> Todas las briquetas que se encuentran en la avenida Herbay Alto - Cañete <b>Muestra:</b> 20 briquetas <b>Muestreo:</b> No Probabilístico <b>Técnica:</b> Analisis documetal Retrospectiva <b>Instrumentos:</b> Ficha Recoleccion de datos con formatos de los ensayos realizados
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
¿Cuánto influye la incorporación del plástico reciclado para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020?	Determinar cuánto influye la incorporación del plástico reciclado en comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020	La incorporación del plástico reciclado que tanto influye en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020	D1: Dosificación del Plástico Pet	0.25%	Experimento de dosificación en el Porcentaje del Plástico Pet	
			D2: Dosificación del Plástico Pet	0.35%		
			D3: Dosificación del Plástico Pet	0.40%		
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	V. DEPENDIENTE: COMPORTAMIENTO MECANICO DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS			
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
¿Cuánto influye la dosificación optima del plástico reciclado en la durabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020?	Evaluar cuánto influye la dosificación optima del plástico reciclado en la durabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020	La dosificación optima del plástico reciclado, aumentará la durabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, cañete 2020.	D4: Durabilidad D5: Estabilidad D6: Flexibilidad	I1: Contenido Optimo de Asfalto(%) I2: Estabilidad I3: Contenido de Vacios (%) I4: Índice de Rigidez	Ensayo Marshall ASTM D-6926 / MTC E-504	
¿Cuánto influye la dosificación optima del plástico reciclado en la estabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020?	Evaluar cuánto influye la dosificación optima del plástico reciclado en la estabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020	La dosificación optima del plástico reciclado aumentará la estabilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, cañete 2020				
¿Cuánto influye la dosificación optima del plástico reciclado en la flexibilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020?	Evaluar cuánto influye la dosificación optima del plástico reciclado en la flexibilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, Cañete 2020	La dosificación optima del plástico reciclado aumentará la flexibilidad de la mezcla asfáltica en la avenida Herbay Alto, cañete 2020.				

Fuente: Elaboración Propia,

#### Anexo 4.

Tabla 15: Revisión de instrumentos - DPI

##### OBJETIVO 1

Ensayo de estabilidad marshall MTC E-504

PATRON		CON PLÁSTICO RECICLADO	
Porcentaje de Asfalto	Estabilidad (kg)	Porcentaje de Plástico reciclado	Estabilidad (kg)
0	815	0	815
5.2	1123.4	0.25	1726.8
5.8	1191.4	0.35	1651.6
6.3	1160.1	0.45	1641.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Revisión de instrumentos - DPI

##### OBJETIVO 2

Ensayo del porcentaje de vacios marshall MTC E-505

PATRON		CON PLÁSTICO RECICLADO	
Porcentaje de Asfalto	Porcentaje de Vacios	Porcentaje de Plástico reciclado	Porcentaje de Vacios
0	3 - 5	0	3 – 5
5.2	5.76	0.25	4.05
5.8	4.08	0.35	3.97
6.3	2.88	0.45	3.95

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 5.

Tabla 17: Revisión de instrumentos - DPI

### OBJETIVO 3

*Ensayo del índice de rigidez marshall MTC E-504*

<b>PATRON</b>		<b>CON PLÁSTICO RECICLADO</b>	
Porcentaje de Asfalto	Índice de Rigidez(kg/cm)	Porcentaje de Plástico reciclado	Índice de Rigidez(kg/cm)
0	1700 - 4000	0	1700 - 4000
5.2	4513.1	0.25	3434
5.8	3839	0.35	3679.7
6.3	3409.3	0.45	3661.5

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 6.

Tabla 18: Instrumento de recolección de datos

### Resultado del ensayo marshall mezcla asfáltica convencional

CEMENTO ASFÁLTICO(%)	ESTABILIDAD PROMEDIO(kg)	FLUJO PROMEDIO(mm)	E/F(kg/cm)	VACIOS CON AIRE(%)	V.M.A(%)
5	1085	2.26	4800.9	6.4	16.57
5.5	1181	2.9	4081.4	4.8	16.26
6	1198.33	3.26	3677.4	3.6	16.33
6.5	1134.67	3.51	3230.6	2.4	16.36

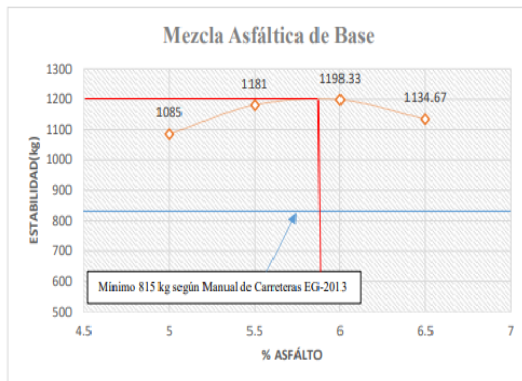


Figura 10: Resultados de la Estabilidad Marshall

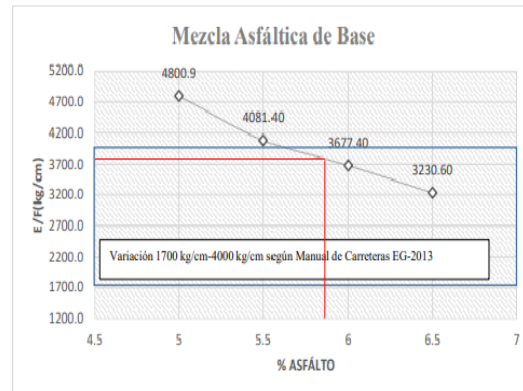


Figura 11: Resultados de la Rígidez Marshall

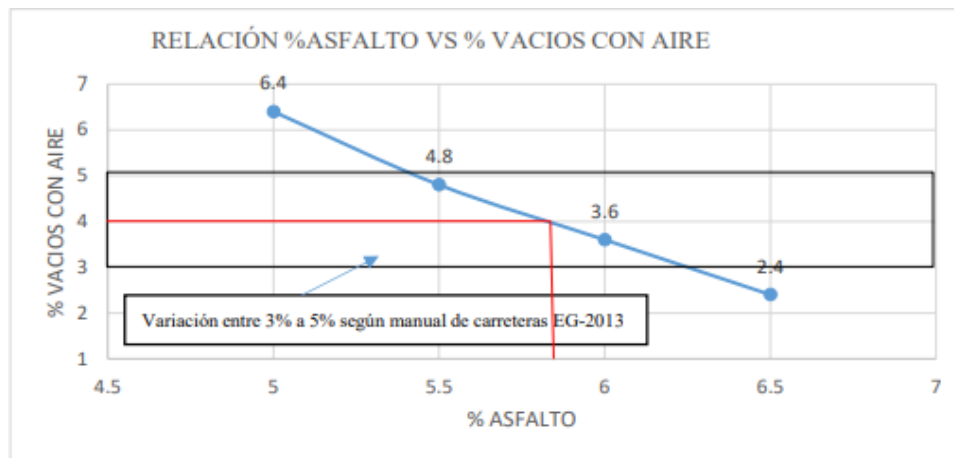


Figura 12: Resultados del porcentaje de vacíos

Delgado, C., Solano, S., (2019), información de su tesis para su Título de Ingeniero Civil, titulado "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente con la adición de plástico peletizado LDPE-2019", de la Universidad Nacional Cesar Vallejo.

## Anexo 7.

Tabla 19: Instrumento de recolección de datos

Resultado del ensayo estabilidad marshall para la mezcla asfáltica modificada

% de mezcla asfáltica con polipropileno	Estabilidad (kg)
0.2	1764.4
0.4	1614.0
0.6	1724.2

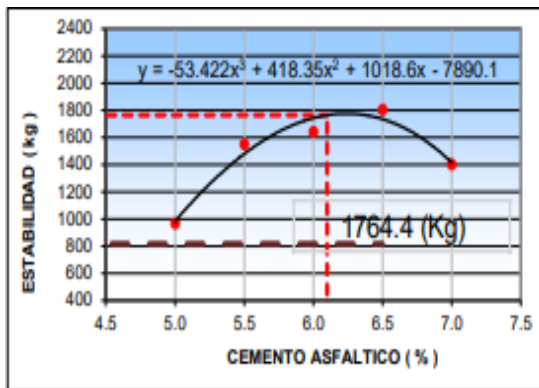


Figura 13: Resultados de la Estabilidad con %C.A. en 0.20% de fibra

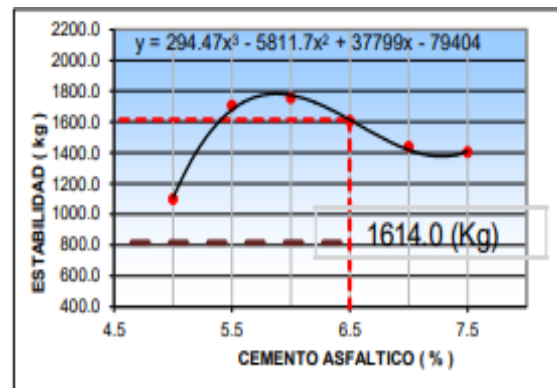


Figura 14: Resultados de la Estabilidad con %C.A. en 0.40% de fibra

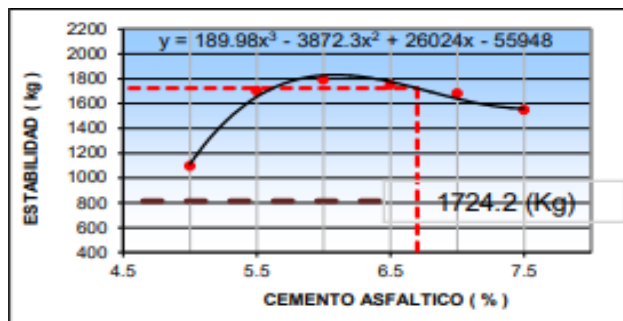


Figura 15: Resultados de la Estabilidad con %C.A. en 0.60% de fibra

Cañarí, C., (2019), información de su tesis para su Título de Ingeniero Civil, titulado "Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente con adición de fibras de polipropileno.", de la Universidad Ricardo Palma.



## Anexo 8.

Tabla 20: Instrumento de recolección de datos

Resultado del ensayo porcentaje de vacíos y el Índice de Rígidez para la mezcla asfáltica modificada

Tipo de Mezcla asfáltica	C.A%	Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	% Vacíos	% VMA	Estabilidad (kg)	Flujo (mm)	Relación Estabilidad flujo (kg/mm)
Mezcla asfáltica convencional	6.4	2.372	4.1	18.8	1598.4	4.4	3517.0
Mezcla asfáltica con % 0.2 poliestireno	6.2	2.369	4.1	18.6	1475.0	4.7	3170.0
Mezcla asfáltica con % 0.3 poliestireno (óptimo)	6.2	2.374	4.0	18.5	1611.0	4.4	3698.0
Mezcla asfáltica con % 0.5 poliestireno	6.5	2.381	3.9	18.6	1736.0	4.8	3625.0

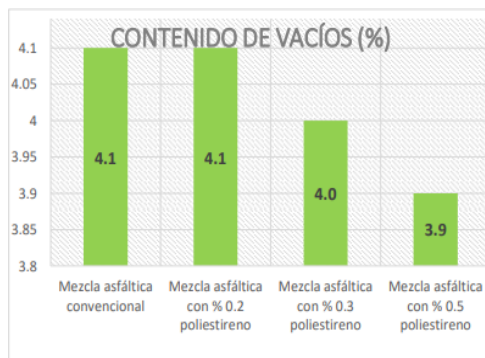


Figura 16: Contenido de vacíos VS. Tipo de mezcla Asfáltica

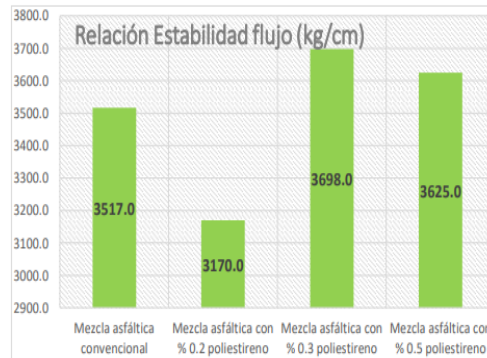


Figura 17: Rígidez Marshall VS. Tipo de Mezcla Asfáltica

Arévalo, H., Lucho, J., (2019), información en su tesis para su Título de Ingeniero Civil, titulado "Influencia de la incorporación de poliestireno en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, Lima-2019", de la Universidad Cesar Vallejo.