



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Propiedades mecánicas del pavimento flexible con incorporación de
asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui
Carabaylo, 2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Herrera García, Franklin (0000-0002-1211-5855)

ASESOR:

Dr. Tello Malpartida, Omart Demetrio (0000-0002-5043-6510)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2019

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Agradecimiento

Agradezco principalmente a mis padres que han dado todo el esfuerzo para que yo culmine esta etapa de mi vida a darles las gracias por apoyarme en todos los momentos difíciles de mi vida tales como la felicidad que siempre ha estado junto a mí.

ÍNDICE GENERAL

Caratula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. MÉTODO.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	16
3.2. Variables y operacionalización.....	16
3.3. Población y muestra.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos.....	21
3.6. Método de análisis de datos.....	23
3.7. Aspectos éticos.....	23
IV. RESULTADOS.....	24
V. DISCUSIÓN.....	86
VI. CONCLUSIONES.....	89
VII. RECOMENDACIONES.....	90
REFERENCIAS.....	91
ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Reciclaje de pavimento flexible.....	14
Tabla 2 Operacionalización de Variables.....	18
Tabla 3 Consistencia.....	19
Tabla 4 Elasticidad.....	19
Tabla 5 Volatilidad.....	20
Tabla 6 Resistencia.....	20
Tabla 7 Cantidad optima de reciclado.....	26
Tabla 8 Temperatura de compactación.....	26
Tabla 9 Cantidad de asfalto.....	27
Tabla 10 Estabilidad corregida seca.....	29
Tabla 11 Estabilidad corregida saturada.....	30
Tabla 12 Estabilidad corregida saturada.....	31
Tabla 13 Flujo Seco.....	32
Tabla 14 Flujo Saturado.....	33
Tabla 15 Flujo.....	34
Tabla 16 Humedad en seco.....	35
Tabla 17 Humedad en seco.....	36
Tabla 18 Contenido de humedad.....	37
Tabla 19 Porcentajes de los vacíos.....	38
Tabla 20 Porcentajes de los vacíos PET.....	39
Tabla 21 Porcentajes de los vacíos máximos de PET.....	40
Tabla 22 Porcentajes de los vacíos máximos.....	41
Tabla 23 Porcentajes de los vacíos del agregado mineral.....	42
Tabla 24 Porcentajes de los vacíos del agregado mineral.....	42
Tabla 25 Cantidad de asfalto.....	45
Tabla 26 Estabilidad corregida seca.....	48
Tabla 27 Estabilidad corregida saturada.....	49
Tabla 28 Estabilidad corregida seca de PET.....	51
Tabla 29 Flujo seco del reciclado.....	53
Tabla 30 Flujo saturado del reciclado.....	54

Tabla 31 Flujo seco PET	55
Tabla 32 Contenido de humedad seco.....	55
Tabla 33 Contenido de humedad seco.....	56
Tabla 34 Contenido de humedad seco.....	57
Tabla 35 porcentaje de vacíos reciclado	58
Tabla 36 Porcentaje reciclado de vacío Máximo	60
Tabla 37 Porcentaje de reciclado VMA	61
Tabla 38 Porcentaje de vacíos con PET.	63
Tabla 39 Porcentaje de vacíos con PET.	63
Tabla 40 Porcentaje de VMA con PET.....	64
Tabla 41 Cantidad de asfalto.....	66
Tabla 42 Estabilidad corregida seca	68
Tabla 43 Estabilidad corregida saturada	70
Tabla 44 Estabilidad corregida seca de PET.....	71
Tabla 45 Flujo seco del reciclado	73
Tabla 46 Flujo saturado del reciclado.....	74
Tabla 47 Flujo seco PET	75
Tabla 48 Contenido de humedad seco.....	76
Tabla 49 Contenido de humedad seco.....	77
Tabla 50 Contenido de humedad seco.....	77
Tabla 51 Porcentaje de vacíos reciclado.....	79
Tabla 52 Porcentaje reciclado de vacío Máximo	80
Tabla 53 Porcentaje de reciclado VMA	81
Tabla 54 Porcentaje de vacíos con PET.	83
Tabla 55 Porcentaje de vacíos con PET.	83
Tabla 56 Porcentaje de VMA con PET.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Prueba CBR	25
Figura 2 Determinación de CBR método gráfico.....	25
Figura 3 Temperatura de la mezcla.....	27
Figura 4 Porcentaje de la mezcla	28
Figura 5 Estabilidad corregida seca	29
Figura 6 Estabilidad corregida saturada.....	30
Figura 7 Estabilidad corregida saturada.....	31
Figura 8 Flujo seco.....	32
Figura 9 Flujo saturado	33
Figura 10 Flujo seco.....	34
Figura 11 Contenido de humedad.....	35
Figura 12 Contenido de humedad.....	36
Figura 13 Contenido de humedad.....	37
Figura 14 Porcentaje de vacíos.....	38
Figura 15 Porcentaje de vacíos PET.....	39
Figura 16 Porcentaje de vacíos PET.....	40
Figura 17 Vacíos máximos.....	41
Figura 18 Vacíos Mineral Agregado. (VMA).....	42
Figura 19 Vacíos Mineral Agregado.....	43
Figura 20 Diagrama de dispersión porcentaje mezcla vs porcentaje de reciclado....	47
Figura 21 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs estabilidad corregida	49
Figura 22 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs estabilidad saturada .	51
Figura 23 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs estabilidad seca PET	52
Figura 24 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs flujo seco con reciclado.	53
Figura 25 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs flujo saturado con reciclado.....	54
Figura 26 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs flujo seco con PET. ..	55
Figura 27 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs contenido de humedad.	56

Figura 28 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs contenido de humedad saturado.	57
Figura 29 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs contenido de humedad saturado.	58
Figura 30 Diagrama de dispersión porcentaje reciclado vs porcentaje de vacío.....	59
Figura 31 Diagrama de dispersión porcentaje reciclado vs porcentaje de vacío máximo.....	61
Figura 32 Diagrama de dispersión porcentaje reciclado vs porcentaje de VMA.....	62
Figura 33 Diagrama de dispersión porcentaje PET vs porcentaje de vacíos.	63
Figura 34 Diagrama de dispersión porcentaje PET vs porcentaje máximos vacíos. .	64
Figura 35 Diagrama de dispersión porcentaje plástico PET vs porcentaje de VMA..	65
Figura 36 Diagrama de dispersión porcentaje mezcla vs porcentaje de reciclado....	67
Figura 37 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs estabilidad corregida	69
Figura 38 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs estabilidad saturada .	71
Figura 39 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs estabilidad seca PET.	72
Figura 40 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs flujo seco con reciclado.	73
Figura 41 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs flujo saturado con reciclado.....	74
Figura 42 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs flujo seco con PET...	75
Figura 43 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs contenido de humedad.	76
Figura 44 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs contenido de humedad saturado.	77
Figura 45 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs contenido de humedad saturado.	78
Figura 46 Diagrama de dispersión porcentaje reciclado vs porcentaje de vacío.....	80
Figura 47 Diagrama de dispersión porcentaje reciclado vs porcentaje de vacío máximo.....	81
Figura 48 Diagrama de dispersión porcentaje reciclado vs porcentaje de VMA.....	82

Figura 49 Diagrama de dispersión porcentaje PET vs porcentaje de vacíos.	83
Figura 50 Diagrama de dispersión porcentaje PET vs porcentaje máximos vacíos..	84
Figura 51 Diagrama de dispersión porcentaje plástico PET vs porcentaje de VMA..	85

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la mejora de las propiedades mecánicas del pavimento flexible, con el uso de mezcla de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabayllo.2019. Donde el tipo de investigación fue aplicada, explicativa, con enfoque cuantitativa, con diseño experimental, para lo cual se estudió como población las mezclas asfálticas de pavimento reciclado y con plástico PET. Donde se analizaron 26 briquetas con la preparación de la mezcla asfáltica donde se analizaron en el laboratorio la trabajabilidad, resistencia para conocer sus propiedades mecánicas y con respecto a sus propiedades mecánicas y con respecto a la durabilidad se estudió el porcentaje de vacíos. Donde se obtuvo los siguientes resultados más resaltantes de acuerdo a los porcentajes que aumenta la estabilidad cuando la proporción es de 1,5% del polipropileno lo que alcanza una mayor estabilidad de 822 kgf , lo que resulta una mayor resistencia a la deformaciones que causa por el peso. Por lo tanto, se demuestra que es importante modificar la mezcla asfáltico con reciclado y PET, ya que se mejora las propiedades mecánicas, por lo tanto, más recomendable es usar la proporción de 2,5 de reciclado y 1,5% PET, lo que aporta mayor durabilidad. A través de los vacíos puedo conocer la durabilidad de la mezcla asfáltica que como se puede notar es mayor se puede afirmar que se cumple con la hipótesis general de la investigación, ya que de acuerdo a los resultados de los análisis inferenciales realizados muestran un comportamiento favorable se demuestra que hay una mejora de las propiedades mecánicas del pavimento flexible al incorporar pavimento reciclado y plástico PET. Donde se concluye que esta mezcla asfáltica con lar incorporación de estos mejoradores de reciclado y PET de sus propiedades mecánicas, se puede determinar que aumenta sus propiedades y por ende su durabilidad.

Palabras Claves: Mezcla asfáltica. Reciclado, PET, Durabilidad, Propiedades mecánicas.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the improvement of the mechanical properties of the flexible pavement, with the use of a mixture of recycled asphalt and polyethylene (PET) in Av. Condorcánqui Carabayllo. 2019. Where the type of research was applied, explanatory, with a quantitative approach, with experimental design, for which the asphalt mixtures of recycled pavement and PET plastic were studied as a population. Where 26 briquettes were analyzed with the preparation of the asphalt mixture where workability, resistance to know their mechanical properties and with respect to their mechanical properties were analyzed in the laboratory and with respect to durability the percentage of voids was studied. Where the following most outstanding results were obtained according to the percentages that increases the stability when the proportion is 1.5% of the polypropylene which reaches a greater stability of 822 kgf, which results in a greater resistance to deformations caused by the weight. Therefore it is shown that it is important to modify the asphalt mixture with recycling and PET, since the mechanical properties are improved, therefore it is more advisable to use the proportion of 2.5 recycling and 1.5% PET, which provides greater durability Through the gaps I can know the durability of the asphalt mixture that, as you can see, is greater, it can be said that the general hypothesis of the research is fulfilled, since according to the results of the inferential analyzes performed, they show favorable behavior. It is shown that there is an improvement in the mechanical properties of flexible flooring by incorporating recycled flooring and PET plastic. Where it is concluded that this asphalt mixture with the incorporation of these recycle and PET improvers of their mechanical properties, it can be determined that it increases their properties and therefore their durability.

Keywords: Asphalt mix. Recycled, PET, Durability, Mechanical Properties.

I. INTRODUCCIÓN

La innovación de materiales para construir las vías y las carreteras principales de tránsito, las regulaciones medio ambientales, obligan a las empresas, los laboratorios, a la administración pública local, buscar soluciones paliativas mediante la utilización de técnicas que permitan reutilizar materiales locales o que provengan de fuentes industriales (Afechkar, 2017). Es por ello que se está empleando con una tendencia creciente asfaltos modificados a nivel mundial. La producción de mezclas asfálticas modificadas ha tenido un incremento importante en la última década, debido las ventajas que dichas modificaciones brindan al asfalto, desde una perspectiva ambiental y económica, mejora en el desempeño, aumento en la vida útil e inclusive dar cumplimiento a especificaciones contractuales (Programa de Infraestructura del Transporte PITRA, 2013).

Es por ello, que todo profesional del área de ingeniería y en especial en diseño y desarrollo de carreteras, deben proponer la ejecución de proyectos sostenibles en los que se incorporen los distintos impactos, desde la etapa de diseño y de proyección hasta la ejecución del proceso constructivo y el mantenimiento, soportados en la utilización de la tecnología y de la innovación que se han integrado a los procedimientos de construcción y a los productos y materiales constructivos. Por lo tanto, se hace necesario realizar un análisis y definición de distintas técnicas para elaborar productos que garanticen procesos eficientes y sostenibles de manera ambiental y geotecnia (López, Pérez y Garnica, 2014).

El asfalto es un material viscoso y elástico a su vez el cual posee características que dependen directamente de la temperatura, ya que su comportamiento como elemento sólido se produce a temperaturas bajas, mientras que como un elemento líquido se da en temperaturas altas. Es por ello que las adiciones de polímeros modificantes permiten un rango ideal de temperaturas en las que se puede combinar estas características, garantizando de esta manera una operación del pavimento sin que sufra alguna falla (Illinois Department of Transportation, 2005).

Las mezclas modificadas de asfalto devienen de la interacción físico y química de los polímeros junto al cemento asfáltico, siendo el fin último la mejora de su reología, siendo el efecto principal el cambio obtenido en la relación viscosidad-temperatura, en específico, el rango de temperaturas de servicio de las mezclas asfálticas, mejorando de esta manera el comportamiento tanto a altas como a bajas temperaturas del ligante. Lo que se aspira es que el asfalto mantenga su consistencia en un amplio intervalo de temperatura. (Rugue, 2014).

La intencionalidad es incorporación de subproductos o residuos de otras empresas, como pueden ser las cenizas volantes o las escorias de siderúrgica, dentro de las mezclas de asfalto, con el fin de obteniéndose resultados satisfactorios a gran escala tanto técnicos como económicos. Otro posible material a ser incorporado en la modificación de las mezclas es el Tereftalato de Polietileno PET (por sus siglas en inglés), el cual es un material que es usado comúnmente para la elaboración de envases de bebidas, así como su utilización en la producción de textiles (Berrio, 2017).

La vialidad asfáltica de Perú está compuesta aproximadamente de 15,496 Km, lo que representa un 16.16% de los pavimentos, siendo baja por lo cual se busca alcanzar que inviertan las empresas tanto privada como pública en materia de carreteras, debido a que S/23,091 millones son utilizados para fabricar 6,107 Km de carreteras asfálticas, lo que quiere decir que es costoso y de alguna manera ayuda a la descentralización a través de la Rehabilitación de los caminos que representa un S/. 504 millones aplicados en 1,200 Km. Es debido a esto la iniciativa que tienen hoy en día los profesionales a plantear alternativas tecnológicas que manipulen los recursos de carácter más eficiente (García, 2015). Es por esto la iniciativa de utilizar carpetas asfálticas recicladas para reducir costos.

La rehabilitación de pavimentos, se considera la razón para aumentar el período de vida útil de las carreteras efectuando transformaciones que contribuyan a la mejora de las superficies, para ello se emplean adiciones nuevas y asfaltos. Para ello se requiere la investigación de nuevas formas de aprovechamiento, creando un mayor

impacto ambiental, siendo el método del reciclado innovador en la utilización de los recursos eficientemente (García, 2015).

Las ventajas que tiene el uso de mezclas de asfalto con la incorporación de polímeros es que se logra obtener un asfalto con mayor rigidez en altas temperaturas de servicio lo que permite reducir el ahuellamiento, así como mezclas con mayor ductilidad en bajas temperaturas de servicio reduciendo de esta manera el fisuramiento, otra ventaja que posee este tipo de mezcla es la disminución de la exudación del asfalto, es decir, una viscosidad mayor, una tendencia a fluir menor y elasticidad mayor; así mismo, se logra una adherencia mayor y se logran mejoras en la cohesión, en el proceso de trabajo y en la compactación; también se alcanzan mejoras en la impermeabilización, tiende a tener mayor resistencia al envejecimiento por lo que se garantiza su durabilidad y vida útil (Rugue, 2014). En base a lo anterior, se hará necesario estudiar estos dos factores: reciclado de las carpetas asfálticas y la incorporación de los polímeros para tener vida útil mayor en las carreteras.

Por argumento de las propiedades mecánicas que posee el pavimento flexible de la Av. Condorcánqui Carabayllo fue construida hace cinco años, sin embargo, presenta como debilidad que su diseño no cumple con los criterios que están establecidos para este tipo de vía (avenida), lo que ocasionó un mantenimiento anticipado de la misma a los tres años de su construcción. Sin embargo, en la actualidad dicha avenida presenta un deterioro importante de la carpeta asfáltica, pues por ella circulan a diario grandes cantidades de vehículos de carga pesada (volquetes) pues es la vía que conecta a las diferentes canteras ubicadas en la zona, así como vehículos de pasajeros tipo autobús.

En base a lo anterior, se plantea el siguiente problema de investigación ¿De qué manera se mejoran las propiedades mecánicas del pavimento flexible con el uso de mezcla de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabayllo?, lo que da pie a las siguientes preguntas de investigación específicas: (1) ¿De qué manera se mejora la trabajabilidad del pavimento flexible con el uso de mezcla de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabayllo?, (2) ¿De

qué manera se mejora la resistencia del pavimento flexible con el uso de mezcla de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabayllo? Y (3) ¿De qué manera se mejora el porcentaje de vacíos del pavimento flexible con el uso de mezcla de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabayllo?

La investigación se justifica teóricamente, ya que se parte de los conocimientos teóricos referidos a las propiedades físicas y propiedades mecánicas del asfalto flexible y a su vez, los conocimientos teóricos referidos a las propiedades del asfalto reciclado y polietileno (PET) y su utilización en las mezclas para construcción de carpetas asfálticas, dadas las ventajas de mejora que pueden proporcionar a dichas propiedades del asfalto, así como el alargamiento de la vida útil y reducción de costos de mantenimiento.

Desde una perspectiva práctica, pues el desarrollo de la investigación, propone un nuevo enfoque para la utilización de material reciclado para fabricar mezclas asfálticas, específicamente el asfalto, así como el uso de polietileno (PET) a ser utilizado en la construcción de carpetas asfálticas, dadas las ventajas que aportan para mejorar tanto las propiedades físicas como las propiedades mecánicas, la vida útil y por ende reducciones en el costo de mantenimiento, generando así un impacto ambiental bajo.

Desde una perspectiva metodológica, para la obtención de resultados válidos y fiables, se requiere del uso de metodologías de observación a través de fichas de observación, así como la ejecución de ensayos relacionados a las características físicas y las características mecánicas de las carpetas asfálticas construidas con material reciclado (asfalto) y polietileno (PET). Todo con la finalidad de realizar los análisis metodológicos respectivos con el fin de validar la hipótesis establecida y a su vez responder los objetivos propuestos.

El objetivo general planteado en la presente investigación es evaluar la mejora de las propiedades mecánicas del pavimento flexible, con el uso de mezcla de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabayllo, siendo los objetivos específicos: (1) Determinar la mejora de la trabajabilidad del pavimento flexible con

la incorporación de asfalto reciclado y polietileno (PET), (2) Determinar la mejora de la resistencia del pavimento flexible con la incorporación de asfalto reciclado y polietileno (PET) y (3) Determinar la mejora de porcentaje de vacíos del pavimento flexible con la incorporación de asfalto reciclado y polietileno (PET).

Así mismo, la hipótesis general establecida es las mezclas de asfalto reciclado y polietileno (PET) mejoran las propiedades mecánicas del pavimento flexible en la Av. Condorcánqui Carabayllo, derivándose las siguientes hipótesis específicas: (1) Las mezclas de asfalto reciclado y polietileno (PET) mejora la trabajabilidad del pavimento flexible de la Av. Condorcánqui Carabayllo, (2) Las mezclas de asfalto reciclado y polietileno (PET) mejora la resistencia del pavimento flexible de la Av. Condorcánqui Carabayllo y (3) Las mezclas de asfalto reciclado y polietileno (PET) mejora los porcentajes de vacíos del pavimento flexible de la Av. Condorcánqui Carabayllo.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se detallan las investigaciones previas que dan soporte al presente estudio, en este sentido, se tiene dentro de los antecedentes internacionales el trabajo de López (2020) que se titula ***“Formulación de una mezcla asfáltica modificada con polímeros provenientes de botellas PET recicladas”***. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de los polímeros provenientes de botellas PET recicladas en una mezcla asfáltica modificada para aprovechar parte de residuos poliméricos que se generan actualmente estableciendo recomendaciones con relación a requerimientos mínimos de diseño. Investigación con un enfoque cuantitativo, un tipo de investigación aplicada y con un diseño de investigación experimental, en la cual se realizaron diferentes muestras de mezcla asfáltica con la incorporación de PET entre 1% y 4%, a las que se les realizaron ensayos tanto a las propiedades físicas como a las propiedades mecánicas. Los resultados evidenciaron el comportamiento de la mezcla asfáltica con incorporación de porcentajes de PET entre 1% y 4%, por medio del método Marshall, siendo el porcentaje que arrojó mejores resultados y que está conforme a la norma INVIAS (2013) fue 2% de incorporación de PET. En este sentido, la estabilidad se incrementó hasta en un 5% respecto a la mezcla control, el flujo se estabilizó en ambas muestras, respecto al peso volumétrico se redujo en la mezcla modificada en un 23 % respecto a la mezcla control, dicho comportamiento no se debe únicamente al peso del polímero como tal, sino también al incremento en el porcentaje de vacíos el cual fue superior al 8% que establece la norma, requiriéndose un método para la compactación con más energía. También se evidenció, que la adición de PET no afectó la trabajabilidad y la homogeneidad que existe entre el material cementante y los agregados, por lo que se puede disminuir en 0.5% la cantidad de asfalto al incorporar 2% de PET, pues cumple los requisitos establecidos en la norma. Finalmente, se puede indicar que esta propuesta de mezcla modificada permite reducir los costos de elaboración respecto a la mezcla tradicional y generar un impacto ecológico positivo al disminuir la huella de carbono que se produce al emplear y fabricar material asfáltico.

Quintero y Bohórquez (2020) en su investigación titulada **“Aporte estructural de mezcla asfáltica en caliente con inclusión de plástico PET por vía seca a estructuras de pavimento flexible para vías de bajo tráfico según especificaciones INVIAS.”**, se propuso como objetivo efectuar un análisis comparativo de la capacidad estructural de un pavimento flexible de estructuras convencionales respecto a estructuras con mezclas asfálticas modificadas con plástico tipo PET para vías de bajo tráfico empleando especificaciones INVIAS. Investigación de enfoque cuantitativo y nivel descriptivo, basada en una revisión sistemática y modelación. Los resultados evidencian que la densidad de Bulk con la incorporación de PET optimo se ubica entre el 0.5% y el 2.5% lo que permite obtener una densidad aproximada de 2.382 gr/cm³, cuando se aumente este porcentaje de PET se evidencia una disminución de la densidad. En relación a los vacíos de aire, los mismos suelen aumentar cuando hay un incremento del porcentaje de adición de PET, es por ello que, existe una influencia significativa entre el tamaño de las partículas y el método para la incorporación en el comportamiento estable de la mezcla.

Moderá (2018) en su investigación titulada **“Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica densa en caliente con adición de polietileno”**. La investigación está conformada por la determinación de las propiedades mecánica en el laboratorio con las composiciones que conforman la parte asfáltica en un estado espesante en caliente MDC-19 con la incorporación de polipropileno, frecuentemente denominado poli sombra en forma longitudinal de 10 cm. La metodología es experimental donde primeramente consistió en realizar el diseño de una mezcla asfáltica optima empleando el experimento de Marshall con valores de 4.5, 5.0, 5.5, y 6.0 % y después del mejor resultado se agregó porcentaje de acuerdo al peso global de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0%, para luego conocer las propiedades mecánicas a través de la resistencia a atraerse y la prueba cántabra. Se obtuvo resultados a través de la incorporación del polipropileno siendo factible técnicamente, aunque los aspectos mecánicos como la estabilidad, el desgaste a la fricción se redujeron y la correlación de la resistencia a estar tensionado, la tenacidad estas aumentaron en la mezcla asfáltica, es decir existe la posibilidad de elevar vida útil de la carretera en la parte de fisuración.

Ullauri, Friend y Barzola (2018), en su investigación titulada “**Análisis físico-mecánico de morteros asfálticos compuestos a partir de materiales reciclados**”. El objetivo de la investigación consistió en evaluar, la resistencia mecánica del mortero de asfalto compuesto por materiales reciclados de elasticidad variable, como lo es el politereftalato de etileno (PET) y el caucho. La metodología empleada fue un estudio experimental, mediante la utilizando de herramientas para la composición de materiales y software de simulación mecánica MEF y Helios Composite, a través de los parámetros mecánicos de los materiales antes descritos, para de esta manera determinar los nuevos compuestos. Así mismo se realizaron ensayos por compresión obteniendo los resultados para cada composición, de acuerdo a lo previsto en la norma ASTM 1559. Los resultados indican que el mortero asfáltico compuesto con caucho muestra una mayor resistencia a la deformación que el mortero asfáltico compuesto con PET, por lo que se concluye que el caucho tiene mejores propiedades mecánicas, por lo que su utilización en las carpetas asfálticas de las carreteras permitiría disminuir el impacto ambiental de forma considerable, dado el tiempo en que demora su degradación.

Villegas, Aguiar y Loria (2017) en su investigación que lleva por título “**Hot mix asphalt design with waste materials**”. La investigación se planteó como propósito una manera factible de presentar los elementos de desecho la utilización de estos en mezcla asfáltica. En este caso los envoltorios de polietileno, polipropileno y bumper de vehículos se analizaron como alternativas innovadoras del asfalto. El sistema de homogeneización de estos reciclados entre la matriz asfáltica se valoró a través de la técnica de Microscopía de Fuerza Atómica (AFM). Las características de los modificadores se analizaron por medio del análisis tanto físico como químico, y el comportamiento que presenta la mezcla a la deformación constante y fatiga (DSR), deformación permanente a través del Analizador de Pavimentos Asfálticos (APA), se comprobó la dureza de la mezcla con la Medida a la Tensión Indirecta y se experimentó la tenacidad al desgaste por el agua de acuerdo a la Tenacidad Inmovilizada a la Elasticidad Diametral. Resultando establecer de manera cuantitativa que el elemento reciclado beneficia el comportamiento del asfalto y de la mezcla asfáltica,

principalmente favoreciendo la firmeza a deterioro permanente y el desperfecto por humedad. Es importante concluir que el aporte en materia de debilitamiento no fue significativo. Lo que quiere decir que los reformadores no formaron un resultado de negativo en las propiedades analizadas.

Dentro de los antecedentes nacionales, se tiene el trabajo de Canta y Vivas (2018) el cual se titula **“Diseño de mezclas asfálticas adicionando elastómeros y PET reciclado para cargas de tránsito pesado en vías metropolitanas, Lima 2018”**, en la que se propusieron como objetivo determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica, mediante el diseño de mezclas asfálticas adicionando elastómeros y PET reciclado para cargas de tránsito pesado. Investigación con un enfoque cuantitativo, tipo investigación aplicada, y con un nivel explicativo y un diseño experimental, en la cual se realizaron muestras de mezclas asfálticas modificadas con incorporación de elastómeros y PET reciclado de 1%, 1.5% y 2% respectivamente, empleando para ello el método de diseño Marshall. Los resultados demostraron que el mejor comportamiento de la mezcla se obtuvo con la incorporación de 1% de elastómeros y PET, todo conforme a lo indicado en la norma EG-2013, lográndose una mejora importante en la estabilidad alcanzando un valor de 1604 kg, incremento en los vacíos (5.76%) y reducción de la permeabilidad, así mismo, se redujo la deformación respecto a la mezcla convencional. El empleo de material reciclado como el elastómeros y el PET, permiten contribuir a una conservación del medio ambiente al potenciarse un mercado de material reciclado para este tipo de residuos sólidos, dirigido a la construcción de pavimentos.

Corbacho (2018) el cual lleva por título **“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”**. El objetivo es el de mejorar el modelamiento de la mezcla de asfáltica en caliente transformándolo con un polímero-plastómero por vía seca el cual fue el polietileno tereftalato (PET). La metodología empleada consistió en el diseño a través del Método Marshall para conseguir la cantidad óptima tanto de mezcla asfáltica tradicional como la mejorada con las fibras de

PET, los experimentos efectuados son los de Rueda Cargada de Hamburgo con el propósito de conocer el ahuellamiento y la susceptibilidad al agua de estas. El ensayo de comportamiento, establece el modelamiento de una mezcla sin tomar en cuenta la técnica de diseño, para responder los requerimientos de tránsito, temperatura y presencia de agua. Es decir, las características se realizaron ensayos Marshall y desempeño (Ensayo de Rueda Cargada de Hamburgo, Ensayo Lottman modificado y Modulo Resiliente), para las mezclas asfálticas con el propósito de saber cómo influyen las fibras PET, y hacer aportes en reutilizar este plástico con nuevas invenciones que se están aplicando en el país. Este estudio afianza que el plástico en pavimentos es una innovación que se está aplicando en diversos países.

Gargate y Huamani (2018) en su trabajo de investigación titulado ***“Análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros y tradicional para optimizar propiedades mecánicas en pavimento flexible - Lima, 2018”***, se plantearon como objetivo determinar el análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros y tradicionales para optimizar las propiedades mecánicas en el pavimento flexible – Lima. Investigación con un enfoque cuantitativo, un tipo de investigación aplicada, con un nivel explicativo y con un diseño experimental, en la que se utilizaron 28 briquetas con mezcla modificada y 28 briquetas con mezcla tradicional, realizadas empleando el método de diseño Marshall. Los resultados evidenciaron que, el porcentaje óptimo para una mezcla modificada con SBS es de 5.1%, permitiendo así una disminución en la dosificación de asfalto. Al incorporar polímeros se reduce el espesor de la carpeta de rodadura, permitiendo así la recuperación elástica en un rango entre 85% y 90%, garantizando de esta manera que se prolongue el periodo de servicio en el pavimento flexible. Los resultados del método Marshall permiten concluir que al incorporar polímero SBS en la mezcla asfáltica, se mejora su vida útil duplicándose la misma y a su vez reduce el mantenimiento periódico, disminuyendo por ende los costos de fabricación y de empleo de materiales pétreos.

Silvestre (2017) realizó un estudio el cual lleva por título ***“Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima-2017”***. El objetivo principal es determinar una mejor

actuación de la carpeta asfáltica con plástico reciclado con respecto a una carpeta asfáltica actualmente. Para la parte metodológica se ha desarrollado conjuntos de experimentos asfálticos como herramienta para controlar la mezcla asfáltica tradicional y como conjunto de tipo experimental de una mezcla asfáltica transformada con plástico reciclado. Con respecto a los resultados alcanzados en el área experimental, de mezcla asfáltica muestra una ligera disminución en el volumen en relación a la mezcla control, mostrando que también facilita las características elásticas en la mezcla, además aporta rigidez, logrando una mezcla que presenta dos caracteres muy significativos para la severidad afrente a las imperfecciones contantes. También, el costo total de fabricación por m³ de mezcla asfáltica transformada es más económico, mostrando a bajo costo con respecto a la mezcla asfáltica cotidiana. Que utilizar este tipo de mezcla asfáltica con PET es más económica que la elaborada tradicionalmente.

Ballena (2016) por su parte realizó una investigación titulada “**Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío**”. El propósito de este estudio es conocer el resultado que ocasiona la fibra de polietileno adicionándolo a una mezcla asfáltica en frio en las características físicos y mecánicas del asfalto y también efectúe los requerimientos de estabilidad y el fluir de carreteras flexibles establecidas en la normativa del MTC (Flujo, Porcentaje de vacíos, Estabilidad, entre otras). La metodología fue experimental se empleó la fibra de polietileno pulverizada (PET) como elemento inorgánico siendo adicionado a una mezcla asfáltica en frio, para saber y comparar en relación a una mezcla convencional, con una nueva mezcla de asfalto en frio y conocer si se encuentra dentro de los parámetros permisibles para la estabilidad y el flujo. En la ejecución del universo de estudio fue de 126 briquetas, se realizaron 3 tipos de dimensión de 1%,2%,3%,5%,7%,10% del PET, en 3 tipos de asfaltos (Liviano, Medio y Pesado). Se pudo concluir que el mejor valor fue de: 5.00%. PET especialmente frente a tránsito pesado. Que el PET mejora su en los tres tipos de asfalto liviano, mediano y pesado lo que quiere decir que este plástico ayuda al asfalto independiente del tipo de asfalto utilizado.

En toda investigación, se hace necesario estudiar los fundamentos teóricos que serán en si el basamento que soporta a el estudio en desarrollo. En ese sentido al hablar de asfalto se encuentra que es un betún, es un elemento muy útil que en su composición contiene elementos de petróleo, determinado por asfalto, resinas y aceites, componentes que determinan las propiedades de consistencia, aglutinación y ductilidad. Se caracteriza por ser un componente termoplástico, que se utiliza para la construcción de distintos tipos de vías como carreteras, autopistas y autovías, presentando una consistencia viscosa, lo que hace que se desarrolle con disposición. Se maneja para recubrir vías, impermeabilizar infraestructuras. (Silvestre, 2017).

La rehabilitación de pavimentos o rehabilitación estructural del pavimento, debe ir encaminada a encontrar el mayor beneficio partiendo del coste residual del pavimento ya existe. Siendo la densificación una manera que permite realizar mejoras a la calidad del material por medio de materiales granulares para los cuales se afirma que para la rehabilitación estructural se plantean dos alternativas, la reconstrucción total que implica botar el material que existe y construir uno nuevo. Dentro de la reconstrucción se puede hablar de soluciones tales como: la construcción de capas adicionales conoce como recapados asfálticos, lo cuales se hacen de gran espesor, que originan muchas veces un cambio en las cotas superficiales, originando los problemas del drenaje o accesos. En ese orden de ideas también se realiza el reciclado profundo el cual se ejecuta donde está ubicado el pavimento con problemas, ejecutándose una nueva capa que se fortifica los agentes estabilizadores. (Romero, Huertas y Cazar,2015 p.56).

Por otra parte, los métodos de reciclado según la literatura pueden combinarse de la siguiente manera: Reciclado in-situ con reciclado de planta, en este tipo de reciclado el material suele acumularse para posteriormente ser tratado en una empresa y se coloca nuevamente. El objetivo siempre será que se tome en consideración las opciones que estén disponibles para rehabilitar el pavimento basándose la solución en dos criterios: costo y efectividad. La aplicación de cualquier metodología para la rehabilitación de los pavimentos debe estar soportada en la evaluación que posee este, sus componentes, las características y el tráfico del diseño. En este sentido, la extensión para

rehabilitarse será en función de la vida útil esperada y el estándar de desempeño y de calidad. También, es importante tomar en consideración las fuentes de financiamiento con las que se cuenta. Por lo tanto, se deberá seguir el procedimiento para rehabilitar el pavimento, el cual se basa en el registro de datos los cuales debe ser confiables y apropiados, que se adapten a la realidad de la zona en estudio, basándose en información histórica y en el tiempo de vida del servicio que se requiere para el pavimento a ser rehabilitado y finalmente basarse en investigaciones preliminares para de esta manera identificar las secciones homogéneas y conocer así el deterioro. De esta manera, se logrará identificar los límites que existen entre el tipo de deterioro y las distintas secciones homogéneas. (Corbacho,2018 p.76).

Al hablar de diseño preliminar de pavimento, es una etapa en la que se deben tomar en cuenta todas las alternativas posibles a ser llevadas a cabo lo cual depende de las condiciones económicas y técnicas Pudiendo tomar encuentra este orden: recapeos, bacheos o reciclado, sectorización con recapados entre otros. Para luego pasar al método de Diseño: Lo que es importante porque de la aplicabilidad y los resultados tienden a variar. Dichos métodos son recomendados por el Instituto de Asfalto, la Americana del Cemento Portland (PCA), AASHTO y NCHRP. Es importante destacar que el MTC lo toma en consideración en el contenido de su manual metodológico para el diseño de recapeos, siendo aplicable en este estudio. El Siguiendo paso es la investigación detallada, la cual es encaminada a cada sección homogénea con la única función de realizar una evaluación estructural del pavimento que existe al momento según los componentes y de acuerdo al deterioro, además de definir el soporte de la subrasante en sitio (Silvestre, 2017 p. 123).

Los métodos y pruebas para pavimento utilizados típicamente son: extracción de muestras y pruebas de calicatas. Así mismo, los ensayos de laboratorio como lo son el cono de penetración dinámica (DCP) y la medida de las deflexiones siendo realizados en este orden específico, para luego pasar al diseño de mezclas en laboratorio con empleo de materiales reciclados; debiéndose evaluar la factibilidad de soluciones basadas en el costo de las mismas y en el análisis de las propiedades mecánicas que presente el material.

Dentro de las mezcla del asfalto reciclado con polietileno recabada, se plantean distintas alternativas, y teniendo los tramos segmentados se procederá a calcular las dimensiones de los distintos componentes de rehabilitación. Mediante la etapa siguiente que diseño final del pavimento, en la que se determina el espesor del recapeo, o la profundidad del material de reciclado a ser colocado, para luego realizar el análisis económico: donde se analiza el costo de la vida del proceso de pavimentación proyectada evaluando los costos y los beneficios para definir la mejor de las alternativas. (Yangali, 2015 p. 235).

El reciclaje de pavimentos flexibles se divide en tres tipos, de acuerdo a las denominaciones y a las características siguientes, ver en la tabla N°1:

Tabla 1 Reciclaje de pavimento flexible.

Reciclaje superficial	Reciclaje en el lugar	Reciclaje en planta
El material reciclable de la carpeta asfáltica del pavimento con grados de espesor; se aplicará en casos que se deterioren los pavimentos que no sean atribuibles a defisis estructural.	Denominado también como reciclado frio. Consiste en habilitar el I pavimento asfaltico hasta altitud mayor a 2.5 cm; el material de la base de la capa.	Denominado también material en caliente que consiste en escarificar el diámetro normado del pavimento realizado y luego llevar el material triturado para que sea clasificado por su granulometría.
Los procedimientos de frenado, cepilla o es triturado para ser adicionado a un agente reciclado; cuando el lugar se encuentra compactado se usara una forma de emulsión.	El espesor es medido y el material triturado hasta el tamaño normativo para luego mezclar con el agente reciclado. Los aditivos más recurrentes son emulsiones asfálticas, cementos.	Según la norma en la composición del material viejo se reconstruirá en caliente. Los materiales nuevos con petróleo y asfalto nuevo.

Fuente: Yangali, 2015.

Tanto las propiedades físicas como las propiedades mecánicas del asfalto es la evaluación de los componentes que constituyen la forma estructural del pavimento, entre estos: la granulometría, el límite de Atterberg, la clasificación SUCS y CBR (Relación Californiana de Soporte). (Yangali, 2015 p.98).

En la actualidad la utilización pavimento adicionado con plásticos reciclados es una tendencia de avanzada, la cual se caracteriza por la agregación de plásticos reciclados

a la mezcla asfáltica que puede ser en forma de partículas sólidas o en forma de polvo molido que son sustancias constantes debido a la variación de temperamento el cual se incrementa al pavimento ; perfeccionar sus características mecánicas y reducir la manera de ser susceptible a las variaciones con respecto a temperaturas y la humedad. Esto lo agrega innovadores originan una acción que desarrolla la adherencia entre los componentes y el asfalto. Además, desarrolla las tenacidades a las imperfecciones y esfuerzos de tensión repetitiva y su flexibilidad disminuyendo el agrietamiento. Estos elementos como el material reciclado que se aplican claramente al componente asfáltico al inicio de combinarlos con los otros materiales. (Silvestre, 2017 p.231).

Unas de las ventajas de este tipo de asfalto es la calidad del mismo, ya que la capacidad de mezclarse entre el polímero y el asfalto se basa en las proporciones de asfalto SARA. Una mayor composición de asfaltenos puede ocasionar disminución de la coincidencia entre los componentes. Por otro lado, la aromaticidad de los máltenos debe reducir para conseguir un mejor grado de combinación. Por ello el control de calidad reológico es una mejor herramienta para mostrar la homogeneidad con la agregación del polímero y, así, señalar que las propiedades se cambiaron lo bastante como para conseguir consecuencias terminantes aceptados a partir el lugar de perspectiva del comportamiento asfáltico. Al estudiar un asfalto modificado, además pertenece a apreciar la viabilidad de desempeño elástica en situaciones originales y de la vida útil. De acuerdo se evalúa la capacidad del asfalto para tener los esfuerzos sin mostrar fisuras o deformaciones en su estructura. (Acuña, 2018 p.56).

III. MÉTODO

3.1. Tipo y diseño de investigación

Respecto al enfoque, la investigación se soportó en el enfoque cuantitativo, ya que se procederá a realizar la observación y medición de las características que están presente en el objeto de estudio, para posteriormente ser procesadas a través de pruebas estadísticas. Para Hernández, Fernández y Batista (2014) este tipo de investigación, busca examinar una situación empleando para ello cálculos numéricos, siendo estos analizados y presentados utilizando tablas y gráficos.

Respecto al tipo investigación, el mismo fue investigación aplicada, ya que se realizó una mezcla asfáltica con la incorporación de Polietileno (PET) y asfalto reciclado y de esta manera evaluar las propiedades mecánicas que presenta el asfalto flexible. Según Lozada (2014), este tipo de investigación se basa en conocer los resultados que se obtienen de la aplicación inmediata de los conocimientos previos a un objeto de estudio el cual puede ser un sector productivo o una comunidad.

En relación al nivel del estudio, el mismo fue explicativo ya que se buscó explicar de que efecto tiene la adición de Polietileno (PET) y asfalto reciclado en las mezclas asfálticas, y de esta manera evaluar las propiedades mecánicas en el asfalto flexible. De acuerdo a Hernández, Fernández y Batista (2014), las investigaciones explicativas buscan explicar la manera como ocurre un fenómeno y su manifestación.

Finalmente en lo que se refiere al diseño de la investigación, la misma fue experimental, ya que se manipuló la variable independiente, por medio del empleo de polietileno (PET) y asfalto reciclado, con el propósito de que se determinara los cambios que se dan en la variable dependiente, es decir, las propiedades mecánicas del pavimento flexible. Según Hernández, Fernández y Batista (2014), los estudios experimentales permiten observar el efecto que se da en una causa manipulada.

3.2. Variables y operacionalización.

Variable Independiente (VI): Mezcla de asfalto reciclado y polietileno (PET).

Variable Dependiente (VD): Propiedades mecánicas del pavimento flexible

De acuerdo con Borja (2012), es un sistema que permite mostrar la manera como están definidas cada una de las variables que se encuentran establecidas en la hipótesis, las cuales se dividen en indicadores a través de los cuales se logra demostrar cómo se da la ocurrencia de dicha hipótesis.

Tabla 2 Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Variable Independiente Mezcla de asfalto reciclado y polietileno (PET).	Consiste en un asfalto con características mecánicas, geológicas y físicas son renovadas, se logra con la composición de elementos de polímeros en la forma estructural del asfalto. (López Jacome y Veloz Vázquez, 2013, p.34).	Los polímeros de las mezclas asfálticas provocan que se modifiquen sus características físicas aumentando el aspecto de su vida útil de la carretera aprobando que exista una mejor relación de las adiciones con el fin de mejorar la susceptibilidad térmica, eleva la estabilidad y disminuye las fallas.	Consistencia	- Penetración - Punto de ablandamiento - Viscosidad	Ficha técnica, Reporte del laboratorio
			Elasticidad	- Ductilidad a 25°C -Recuperación elástica 25°C -Recuperación elástica 5°C	Ficha técnica, Reporte del laboratorio
			Volatibilidad	-Perdida por calentamiento -Penetración Ductilidad	Ficha técnica, Reporte del laboratorio
Variable Dependiente Propiedades mecánicas del pavimento flexible.	La actuación de estas mezclas asfálticas, debe al enlace de cada uno de las materias primas y propiedades de los elementos de acuerdo a su tipología de combinaciones donde se halla dentro del diseño y en la actividad con respecto a ocurrencias con el ambiente. (Paredes Matta,2009, p.15)	Donde las mezclas asfálticas en la metodología en caliente incluida en el asfalto y adiciones que son combinados a una específica temperatura en cantidades puntuales efectúan con el propósito de transferir las cargas con respecto a su distribución de la carretera, progreso en la transitabilidad, y disminuye costos para la fase de construcción del pavimento con extenso recorrido.	Trabajabilidad	-Temperatura de mezcla -Temperatura de compactación -Contenido de asfalto	Reporte de laboratorio
			Resistencia	- Estabilidad - Flujo - Resistencia al daño inducido	Máquina de laboratorio y Reporte de laboratorio
			Porcentaje de Vacíos	-Vacíos llenos con cemento asfáltico -Vacíos del agregado	Máquina de laboratorio y Reporte de laboratorio

Fuente: Elaboración propia ,2019.

3.3. Población y muestra

De acuerdo con Tamayo y Tamayo (1997), la población se relaciona con las unidades que se encuentran dentro del objeto de estudio, tomando en cuenta sus características y de las que se muestran los datos y los resultados. En este sentido, población estuvo conformada por la mezcla de asfalto con la incorporación de plástico PET en la Av. Condorcánqui, distrito Carabayllo, Lima.

La muestra, es aquel subgrupo de la población de la cual se extraerán los datos (Hernández, Fernández y Batista, 2014). En el presente estudio, la se determinó a partir de los resultados obtenidos en cada una de las fichas de recolección de datos producto de las briquetas de la mezcla asfáltica con asfalto reciclado y PET, de la de Av. Condorcánqui, las cuales se procesaron en el laboratorio con la finalidad de obtener el resultado óptimo.

En este sentido, se realizaron 26 muestras las cuales se distribuyeron de acuerdo a cada ensayo realizado y en base a las dimensiones que se establecieron en la investigación (ver tablas 3,4,5 y 6).

Tabla 3 Consistencia

DIMENSIÓN	CONSISTENCIA		
ENSAYO	NORMA	MI ASFALTO TRADICIONAL	MI ASFALTO MODIFICADO
PENETRACION	MTC E 304	2	2
PUNTO DE INFLAMACIÓN	MTC E 312	2	2
VISCOSIDAD	ASTM D-2170	2	2

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 4 Elasticidad

DIMENSIÓN	ELASTICIDAD		
ENSAYO	NORMA	MI ASFALTO TRADICIONAL	MI ASFALTO MODIFICADO
DUCTIBILIDAD	MTC E 306	2	2
RECUPERACIÓN ELASTICA 25°	ASTM D-6084	2	2
RECUPERACIÓN ELASTICA 5°	ASTM D-6084	2	2

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 5 Volatilidad

DIMENSIÓN	VOLATIBIDAD		
ENSAYO	NORMA	MI ASFALTO TRADICIONAL	MI ASFALTO MODIFICADO
PERDIDA POR CALENTAMIENTO	ASTM D-1754	1	1
PENETRACIÓN	MTC E 304	1	1
DUCTIBILIDAD	MTC E 306	1	1

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Tabla 6 Resistencia

DIMENSIÓN	RESISTENCIA - VACIOS		
ENSAYO MARSHALL (ASTM D 1559 – MTC E 504)		MI ASFALTO TRADICIONAL	MI ASFALTO MODIFICADO
Agregado Grueso en peso de la mezcla	%	8	10
Agregado Fino 01 en peso de la mezcla	%	5	8
Agregado Fino 02 en peso de la mezcla	%	3	5
Altura Promedio	(mm)	80	100
Peso específico bulk del Especimen	(g / cm ³)	70	90
Vacios	%	5	8
VMA	%	5	5
Vacios Llenados con C.A.	%	3	5
Flujo	(mm)	80	90
Estabilidad Corregida	(Kg)	50	60

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Fidias (2012), dentro del campo de investigación se emplean distintos métodos para recolectar los datos y de esta manera obtener información. Es así, que en el presente estudio, se utilizó como técnica la observación y como instrumento la ficha de recolección de datos, siendo diseñada esta última para recolectar la información que se obtenga en los diferentes ensayos que se realizaron en el laboratorio central MTC (Dirección de Estudios Especiales), a partir de las dimensiones Consistencia, Elasticidad y Volatilidad (Variable independiente) y Trabajabilidad, Resistencia y Vacíos

(Variable dependiente) (Ver anexos 1 al 5). Todos estos resultados, contaron con la confiabilidad y validez que poseen los procedimientos del MTC que están estandarizados.

Para Hernández, Fernández y Baptista al. (2014), todo instrumento de recolección de información debe contar con validez y confiabilidad, que no es más que el grado en el cual un instrumento puede medir verdaderamente las variables que se están estudiando. Para efecto de la validación, se procedió a ubicar a tres docentes expertos en el área de estudio con el fin de que revisaran cada uno de las preguntas o reactivos basándose en tres criterios: claridad, adecuación y relevancia, obteniéndose como resultado de este proceso 100% de validez.

3.5. Procedimientos

Inicialmente se realizó una inspección a la Av. Condorcánqui con el fin de recolectar muestras representativas, basándose en la condición que posee la vía, posteriormente se procedió a recolectar contenedores o briquetas que permitieron preparar las briquetas en las que se colocó la mezcla asfáltica con asfalto reciclado de dicha avenida y PET. Luego fueron trasladadas al laboratorio en donde se realizaron los experimentos señalados en líneas anteriores, siendo realizado por un ingeniero y un técnico especialista en cada una de las áreas, garantizándose así la validez y la confiabilidad de los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos realizados (penetración, punto de ablandamiento, punto de inflamación, ductilidad a 25°C, ensayo de Marshall y ensayo de tracción) todo conforme a lo establecido en el Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Penetración MTC 304

La penetración es un ensayo que busca medir la consistencia la muestra bituminosa, basado en la distancia en décimas de milímetro en la que una aguja estándar realiza penetraciones verticales en la muestra a partir de las condiciones de carga que se conocen, el tiempo y la temperatura. Con este ensayo, se validó la medida de consistencia. Mientras más alto sea el valor de la penetración más suave es la muestra evaluada.

- 1) Examinar el penetrómetro, para luego limpiar la aguja con tolueno o cualquier otro solvente para que permita la eliminación de cualquier impureza que posea. En caso de que se realicen penetraciones mayores de 350 se usará una aguja larga.
- 2) Colocar una muestra de 50 gramos.
- 3) Mantener sumergida en el baño de agua la muestra y el plato de transferencia aparente del penetrómetro.
- 4) Verificar que el aparato se encuentre nivelado.
- 5) Anotar la lectura del dial del penetrómetro colocando la temperatura en cero hasta que la punta roce la muestra el cual se obtiene colocando la punta de la aguja con la imagen reflejada en la superficie de la muestra.
- 6) Soltar el procesador de la aguja en cada periodo especificado según el tiempo.
- 7) Medir el valor y ajustar con el fin de que se mida la distancia de penetración en mm.

Punto de ablandamiento MTC 307

Con este ensayo se busca determinar el punto de ablandamiento de las muestras bituminosas en intervalos de 30 °C a 157 °C, empleando un equipo de anillo y bola, que se sumerge en agua destilada (30 °C a 80 °C), glicerina USP (encima de 80 °C a 157 °C), o glicol etileno (30 °C a 110°C).

La utilidad de este ensayo, es que permite realizar una clasificación de los productos bituminosos, siendo el valor resultante el índice de la tendencia en la que fluye el material al ser sometido a temperaturas elevadas durante su vida de servicio. Otra de las utilidades del ensayo, es que permite establecer la uniformidad de los embarques o fuentes de abastecimiento.

- 1) Seleccionar el baño de agua destilada para un ablandamiento entre 30 y 80 °C, usando un termómetro de 15 °C, el cual estará en 5 °C.
- 2) Armado del equipo en la campana extractora, usando todos los instrumentos necesarios, llenar el baño de 105 + 3 mm de agua destilada
- 3) Utilizar las tenazas colocar las dos bolas de muestra en el fondo del baño para tener la misma temperatura del baño.
- 4) Colocar las bolas en el baño de agua con hielo o ir calentando suavemente, manteniendo la temperatura durante 15 minutos,

- 5) Colocar las bolas en la guía centradas.
- 6) Calentar el baño a 5° C.

3.6. Método de análisis de datos

Una vez recolectada la información de los ensayos a través empleándose la ficha de recolección de datos, los mismos fueron tabulados y analizados conforme a lo indicado en la literatura y las normas mencionadas en el apartado anterior, de esta manera se logró verificar las diferencias existentes entre un diseño convencional y un diseño modificado. Toda la información se presentó usando tablas y gráficos.

3.7. Aspectos éticos

En el desarrollo del estudio, se respetaron los criterios: Proyecto inédito, ya que no es una réplica o copia de otra investigación que se haya realizado anteriormente; Original en referencias, ya que se hace referencia de los autores que se utilizaron en la redacción del proyecto de investigación todo conforme con las normas ISO 690.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados descriptivos

Primeramente, antes de colocar la carpeta asfáltica se realiza un estudio de suelo de avenida Condorcánqui Carabayllo aplicando la variante CBR de tres puntos (prueba gráfica y 2), utilizando las mediciones de compactación, es decir, con 12, 25 y 56 golpes (ver gráfico 1) respectivamente por cada medición se concluye:

a.- La prueba CBR (California Bearing Ratio), conocido como el ensayo de soporte californiano, el cual mide la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, proporcionó datos consistentes (no hay que repetirla), ya que según el estándar proporcionado por la ASTM (American Standards for Testing and Materials), el resultado de prueba debe ser: $CBR (0,1") < CBR (0,2")$, en este caso particular del ensayo los resultados fueron:

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 9,8 % < C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 13,7 %.

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 7,8 % < C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 10,6 %

b.- La ASTM establece que un CBR (0,1") cercano "0" indica un suelo de baja calidad mientras que cercano a 100 % es de buena calidad, en vista que en caso particular del estudio los resultados fueron:

(100% M.D.S.) 0.1": 9,8 y C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 7,8, se concluye que la calidad del suelo es relativa con tendencia a mala calidad.

Datos de muestra		
Máxima Densidad Seca	1,884 gr./cm ³	Óptimo Contenido de Humedad
Máxima Densidad Seca al 95%	1,789 gr./cm ³	10,60

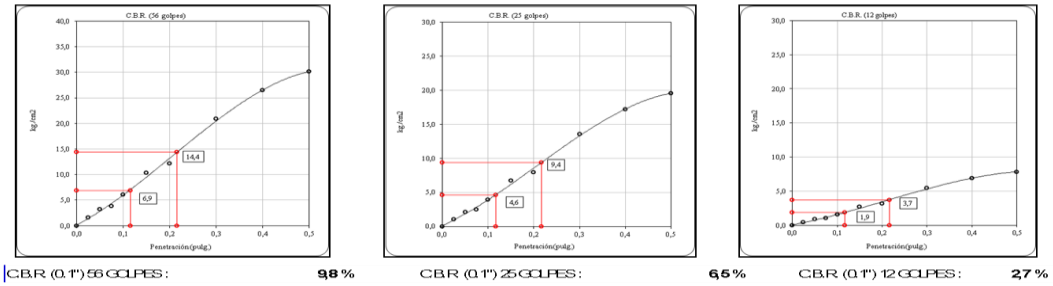


Figura 1 Prueba CBR
Fuente: Elaboración, propia, 2019.

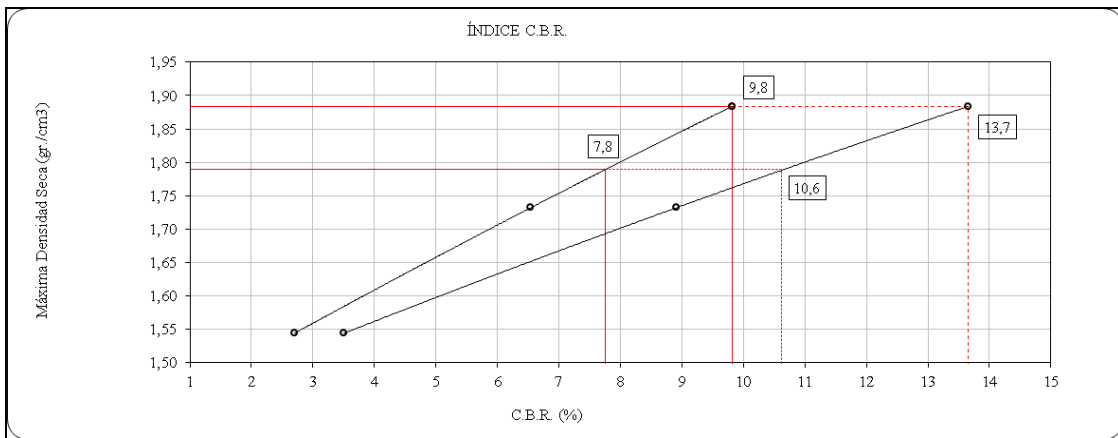


Figura 2 Determinación de CBR método gráfico.
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Luego se realizó el ensayo para conocer la cantidad óptima de PET por medio del método Marshall tal y como se aprecia en la tabla 4:

Tabla 7 Cantidad optima de reciclado

PORCENTAJE OPTIMO			
% E. A.	5.2	6.0	6.8
% A. R.	3.1	3.6	4.1
DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³)	2.07 3	2.087	2.097
ESTABILIDAD SECA (kg)	747. 9	715.4	657.8
ESTABILIDAD HÚMEDA (kg)	648. 8	625.3	576.6
CAMBIOS DE ESTABILIDAD (%)	13.1	12.4	12.3
VACÍOS TOTALES (%)	14.5	13.9	13.4
HUMEDAD ABSORBIDA (%)	6.2	5.7	5.2

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Se puede decir que el porcentaje optimo esta por 3.6% de reciclado debido a que en la medida que se aumenta la concentración disminuye la estabilidad de la mezcla asfáltica y se considera valores intermedios considerando por la parte de mayor o menor, es por esto que se toma constante y se varia la cantidad de porcentaje de polipropileno.

Dimensión trabajabilidad

Para la medir la trabajabilidad es necesario considerar los aspectos asociados a la compactación y al porcentaje de mezcla obtenidos en los ensayos realizados. En las tablas 5 y 6 así como la figura 3 y 4 donde se puede observar la relación entre trabajabilidad y la compactación considerando la temperatura para considerar de una buena impregnación de la carpeta asfáltica.

Tabla 8 Temperatura de compactación

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Temperatura de mezcla°C	22.2	22.2	22.2	22.2

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se observa en la tabla 5, en relación a la temperatura de la mezcla la misma fue de 22.2 °C la cual se mantuvo constante, así mismo para el Polipropileno (PET) (0%,0.5%,1%, 1.5%) la cual fue necesaria para alcanzar una buena adherencia de este con el suelo.

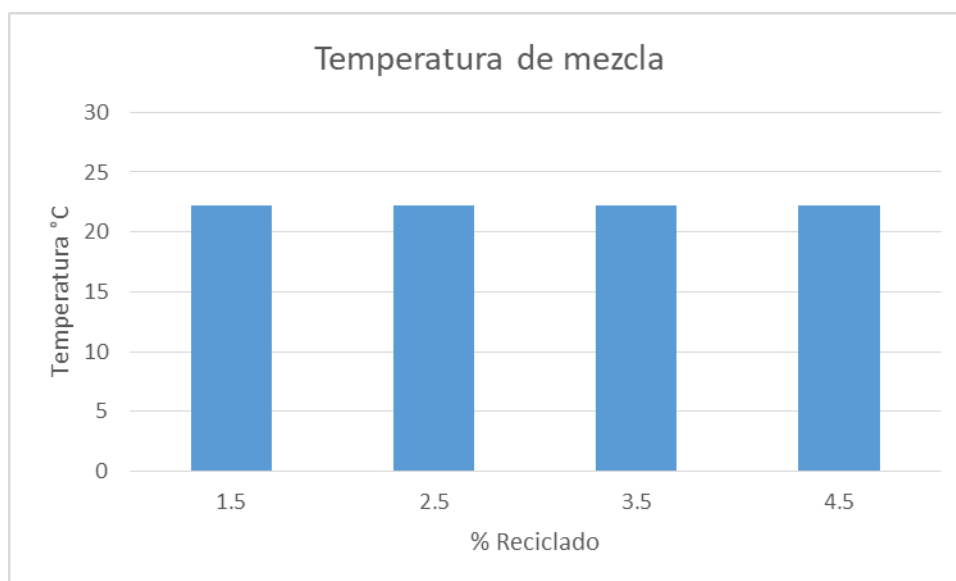


Figura 3 Temperatura de la mezcla

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Por medio de la figura 3 se puede visualizar el comportamiento de la temperatura de la mezcla que se mantuvo constante durante todas las muestras de reciclado que fue necesaria para conocer para conocer su trabajabilidad cuando la mezcla alcanza cierta temperatura.

Tabla 9 Cantidad de asfalto

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
% Mezcla	2.5	3.2	3.9	4.5

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La tabla 9 muestra que cuando el porcentaje de reciclado es de 4.5% se tiene mayor porcentaje de mezcla es decir de 4.5% con respecto al polipropileno (PET) de los

agregados y 3.6% de reciclado lo que quiere decir a medida que aumenta el porcentaje la mezcla mejora y aumenta su trabajabilidad debido a que hay mayor volumen.

Es necesario considerar que para la dimensión de trabajabilidad se considera la temperatura de compactación que es necesaria que este alrededor de 120°C para lograr una buena trabajabilidad a la hora de obtener una óptima compactación.

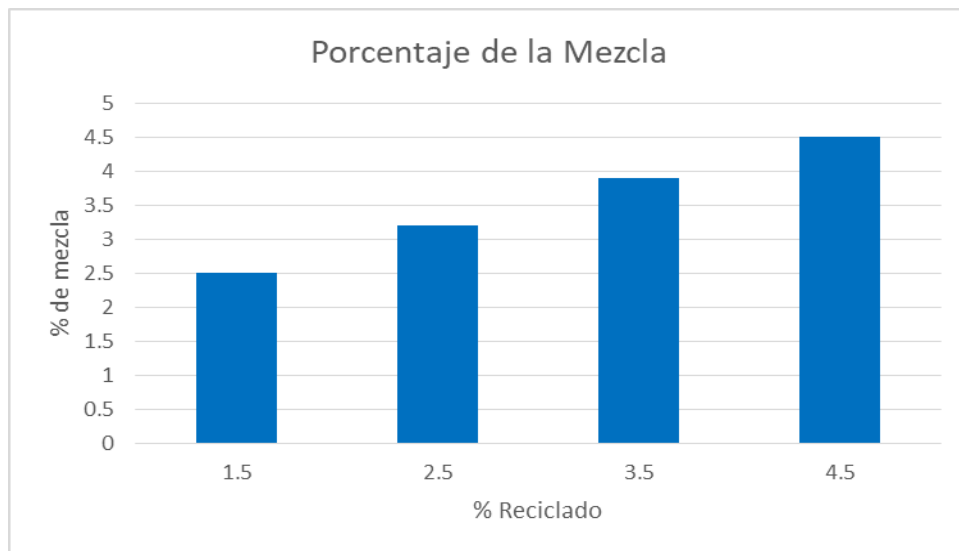


Figura 4 Porcentaje de la mezcla

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se aprecia en la figura 4 el porcentaje de la mezcla evidenciándose que cuando se aumenta el reciclado también se aumenta el volumen y por lo tanto aumenta la trabajabilidad que es necesario para manejar los volúmenes de mayor magnitud, ya que por medio de este parámetro se mide la capacidad que tiene la mezcla para ser manejada y compactada.

Dimensión resistencia

Para el análisis de la resistencia, se tomó en consideración la estabilidad seca, la estabilidad saturado, flujo seco y flujo saturado que son factores esenciales para conocer la resistencia (ver tabla 7). Por otro lado se muestra la tendencia de la estabilidad modificada (ver figura 4).

Tabla 10 Estabilidad corregida seca

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Estabilidad corregida seca(kg f)	679	774	700.5	595

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Como se puede apreciar en la tabla 7, cuando el porcentaje de reciclado es de 2,25% se alcanza una mayor estabilidad seca y se logra una estabilidad corregida seca de 774 kgf, es decir que es mejor la estabilidad en la parte seca del pavimento para hacerlo más duradero.

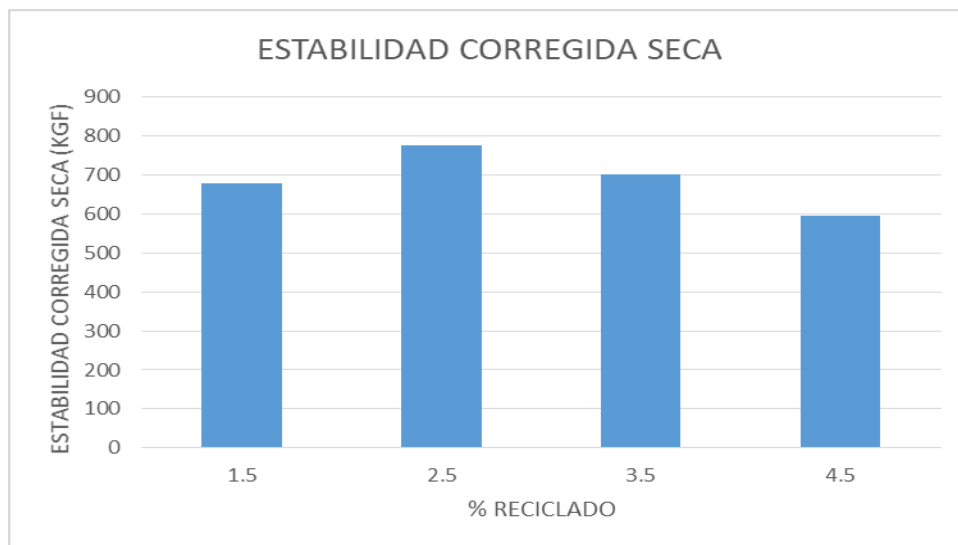


Figura 5 Estabilidad corregida seca

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Como se aprecia en la figura 5 cuando esta un 2.5% de reciclado alcanza mayor estabilidad seca lo que quiere decir que aumenta su resistencia.

Tabla 11 Estabilidad corregida saturada

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Estabilidad Corregida Saturado	556.5	651.5	622	517

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Es necesario mencionar que en la tabla 11 que cuando el porcentaje de reciclado es de 2,5% alcanzando 651.5 kgf este parámetro es importante estudiarlo porque debido a esto se logra una mejora en la resistencia del mismo puesto que representa la capacidad de resistir a las deformaciones.

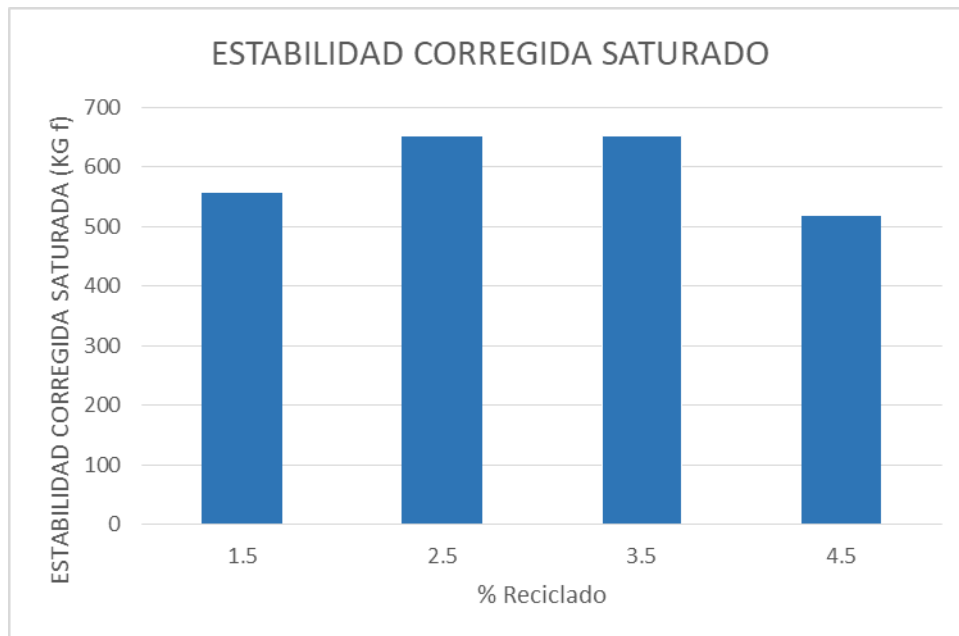


Figura 6 Estabilidad corregida saturada

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se observa en la figura 6 el porcentaje de reciclado de 2,5% se obtiene el punto óptimo y después comienza a decrecer la estabilidad corregida saturada lo que quiere decir que alta su estabilidad mejorando la resistencia de esta mezcla asfáltica cuando se presente esta situación de humedad considerable. La estabilidad señala la capacidad de resistir los desplazamientos y la deformación al encontrarse bajo las cargas del tránsito.

Estudiar la estabilidad para el polímero que presenta esta a los diversos porcentajes de estudios de 0.5%, 1% y 1.5% ya que este es un parámetro importante a medir para la resistencia del mismo (ver tabla 11).

Tabla 12 Estabilidad corregida saturada

% Polipropileno	0.5	1	1.5
Estabilidad Corregida (kgf)	569.5	655.5	822

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se observa en la tabla 12, al realizar una proporción de 1.5% de PET se aumenta la estabilidad obteniéndose máxima estabilidad de 822 kgf, por lo tanto, se obtiene una mayor resistencia a la deformación producto del peso.

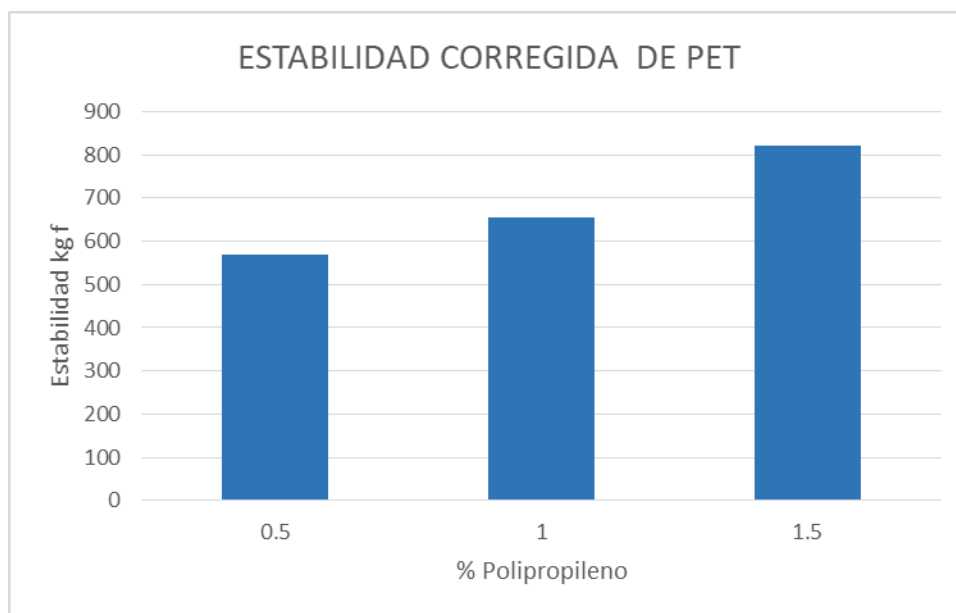


Figura 7 Estabilidad corregida saturada

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se aprecia en la figura 7, se puede inferir que a medida que aumenta el porcentaje de polipropileno (PET) debido a que este polímero le aporta propiedades de resistencia a la mezcla asfáltica.

Tabla 13 Flujo Seco

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Flujo Seco(mm)	3.7	4.8	6.25	6.6

Fuente: Elaboración propia, 2019.

De acuerdo a lo plasmado en la mayor es el porcentaje de asfalto reciclado de 4,5% va aumentando el flujo 6,6 mm lo que quiere decir que aporta cualidades para aumentar la resistencia a la deformación en este tipo de mezclas asfálticas.

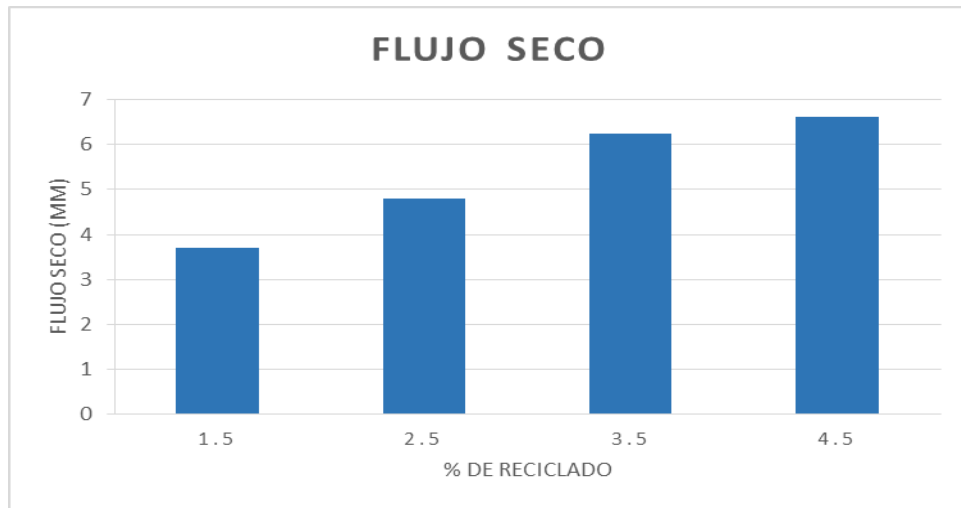


Figura 8 Flujo seco

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Se evidencia que en la medida en que se aumenta el material reciclado aumenta la resistencia a la deformación cuando es sometido a cargas.

Tabla 14 Flujo Saturado

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Flujo Saturado (mm)	4.45	6.35	6.65	7.35

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en que se aumenta el porcentaje de material reciclado a 4,5% lo que quiere decir que es menor la deformación aportando cualidades a la mezcla asfáltica en relación a la resistencia debido a que alcanza un flujo de 7,35 mm.

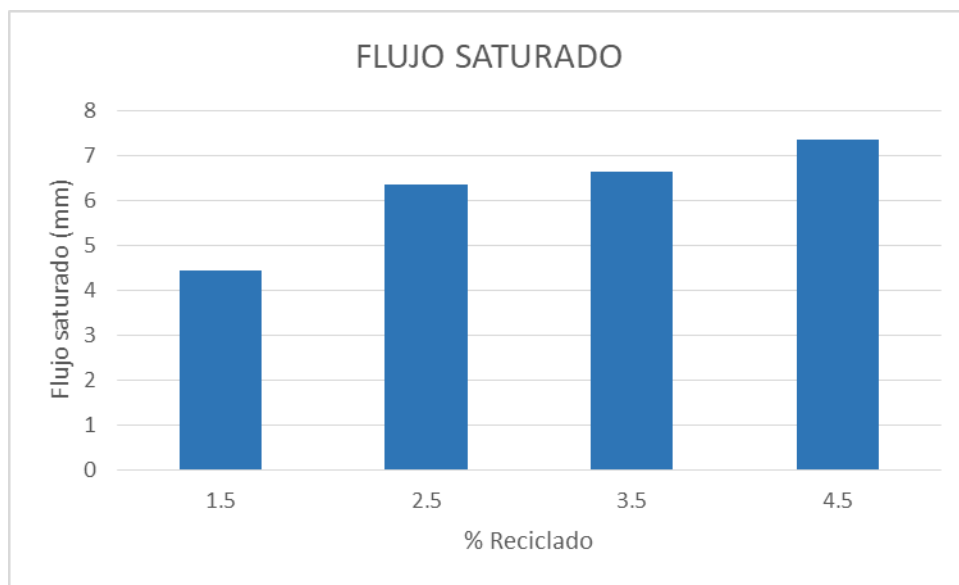


Figura 9 Flujo saturado

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Una vez que la mezcla asfáltica se encuentre saturada aumenta su flujo por lo tanto las características a las resistencia a la deformación aumentan. Es necesario también estudiar el flujo del polipropileno ya que este permite conocer la fluides de será manejada durante la compactación.

Tabla 15 Flujo

% Polipropileno	0.5	1	1.5
Flujo (mm)	3.8	4.45	4.95

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En relación a los valores reportados del flujo en la medida en la que se alcanza mayor porcentaje de propileno de 1,5% se logra mayor flujo 4.95 mm es decir que se va aumentando su dureza lo que permite que este sea más resistente a cargas.

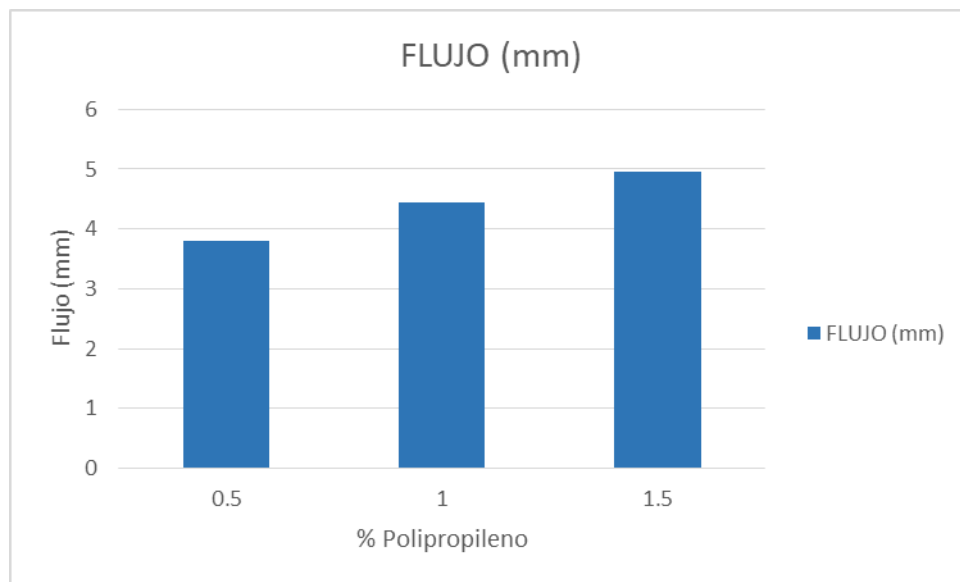


Figura 10 Flujo seco

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la visualización de la tendencia que representa cuando aumenta el porcentaje del polímero aumenta su resistencia debido a que este parámetro del flujo representa la capacidad de fluir la mezcla entonces a medida que aumente este representa en una mayor dureza. Para conocer la resistencia al daño inducido se toma en cuenta el contenido de humedad que provoca disminución de resistencia a través del daño inducido.

Tabla 16 Humedad en seco

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Contenido de humedad seco	4.25	4.05	3.25	6.6

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Por consiguiente se toma en consideración el contenido de humedad se logra en 6,6 mm para conocer es la resistencia inducida por media de la humedad del ambiente.

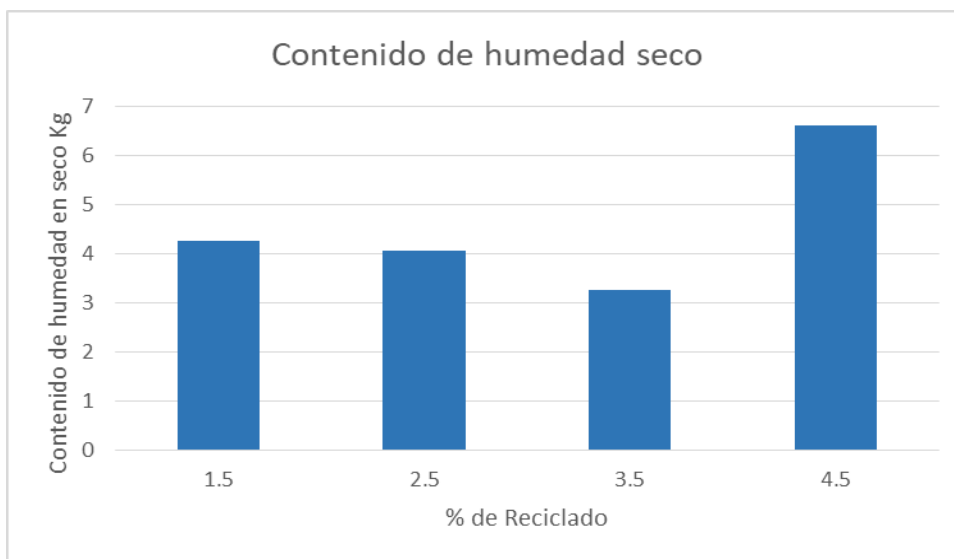


Figura 11 Contenido de humedad

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Se toma en cuenta el contenido de humedad que ocasiona en aumentar la resistencia inducido. Por consiguiente también es necesario estudiar el contenido de humedad del polipropileno, ya que es necesario por ser un factor determinante en el deterioro del pavimento flexible.

Tabla 17 Humedad en seco

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Contenido de humedad saturado	12.3	10.75	9.05	6.55

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Cuando se presenta una cantidad de agua va disminuyen hasta 6,55 kg que puede soportar lo cual permite mayor resistente ya que es un factor que incide en la vida útil del asfalto.

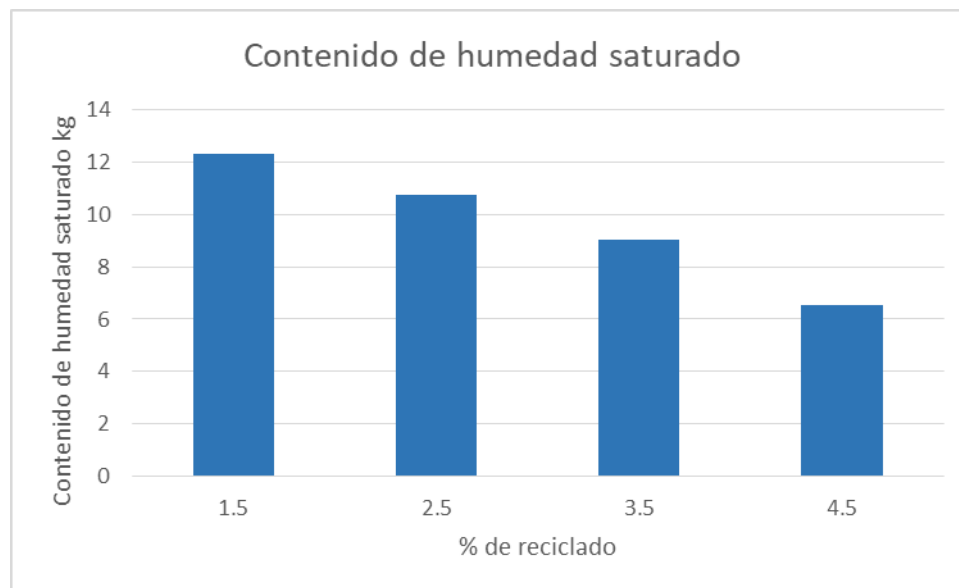


Figura 12 Contenido de humedad

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

La tendencia representada en la figura 12 representa una variabilidad de resultado del porcentaje de polipropileno aportándole mayor resistencia debido a la película forma dicho polímero cuando se une con la mezcla asfáltica.

Tabla 18 Contenido de humedad

% Polipropileno	0.5	1	1.5
Contenido de humedad seco	3.35	3.1	3.35

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Se puede observar que en la medida en que disminuye el contenido de humedad de 3.35 a 3.1 kg debido a que este le proporciona crear una película que disminuye su capacidad de absorción de humedad que es uno de las principales causas de la disminución de la vida útil de los pavimentos flexibles.

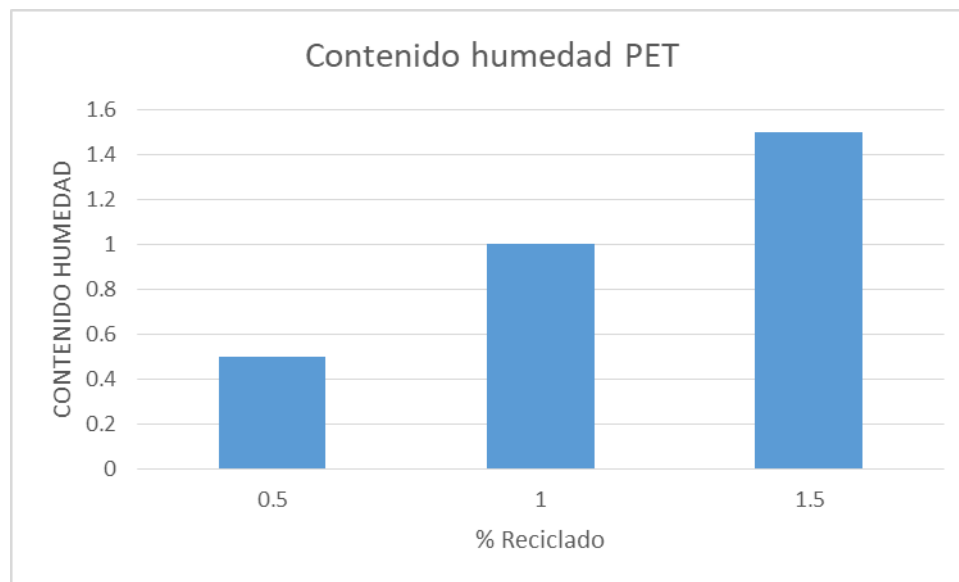


Figura 13 Contenido de humedad

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Dimensión de vacíos

Con respecto a los porcentajes a vacíos que es factor importante para conocer su durabilidad del pavimento flexible se consideró los resultados de la tabla 8 y la figura 5 con respecto a la densidad que son los parámetros que contribuyen a determinar esta dimensión (ver figura 13).

Tabla 19 Porcentajes de los vacíos

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
% de vacíos de aire	8,5	7,5	7,59	9,99

Fuente: *Elaboración Propia, 2019.*

Se puede visualizar que en la medida en la que aumenta el porcentaje de material reciclado disminuye la cantidad de vacío contribuyendo en la duración del pavimento flexible aunque el ultimo valor fue de 9,99 porciento pero los demás valores fueron descendientes.

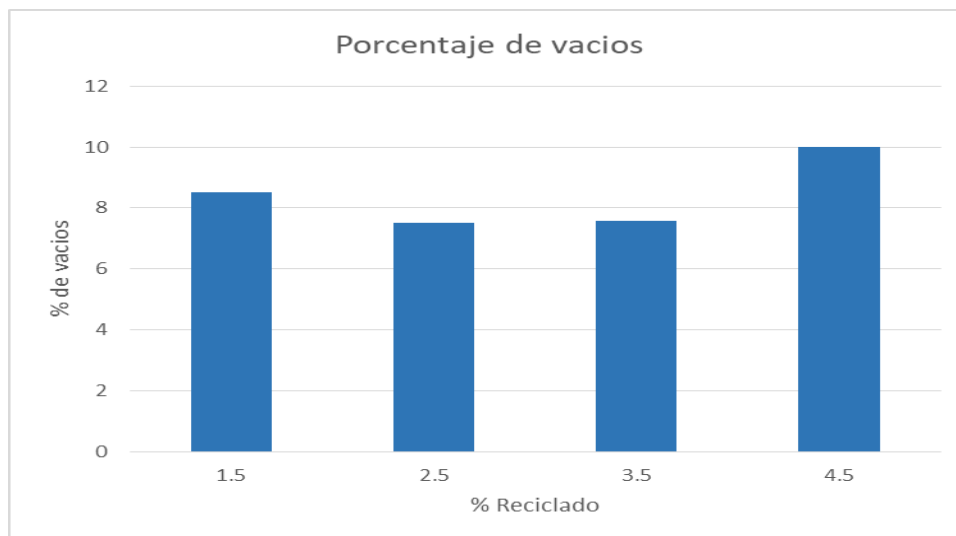


Figura 14 Porcentaje de vacíos

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Cuando el valor de vacíos es menor, tal como se ve que el porcentaje es 7.5 % cuando se trabaja con reciclado de asfalto de 2;5%, indica que esta proporción es la más viable ya que si se crean muchos vacíos las mezcla asfáltica es más frágil a ocasionarse las fracturas y fisuras.

De acuerdo a lo planteado a los porcentajes de vacíos es necesario considerar de acuerdo al polímero para disminuir los vacíos que representan bolsas de aire a través de la incorporación del plástico PET.

Tabla 20 Porcentajes de los vacíos PET.

% Polipropileno	0.5	1	1.5
% de vacíos de aire	16.1	15.95	15.9

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

A medida que aumente el polímero disminuye los vacíos a 15,9 % pues este llena dichos vacíos.

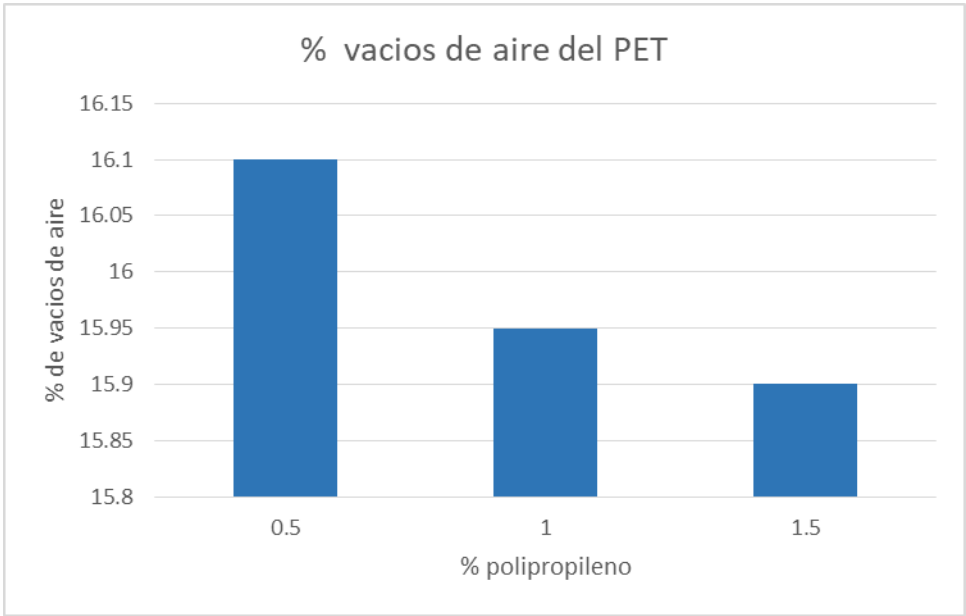


Figura 15 Porcentaje de vacíos PET

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la medida en la que aumenta el porcentaje de PET va disminuyendo los vacíos debido a que aumenta las variaciones del plástico que conlleva a mayor durabilidad.

Tabla 21 Porcentajes de los vacíos máximos de PET

% Polipropileno	0.5	1	1.5
% de vacíos máximo	21.95	21.4	21.25

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuando se toma en consideración las proporciones de PET para lograr disminución de los máximos vacíos que se pueden lograr. En este sentido, se evidencia que en la medida en la que se aumenta las proporciones de PET 1,5% se observa una disminución de los vacíos máximos a 21,25% que la mezcla asfáltica puede ser sustituidos por estas moléculas.

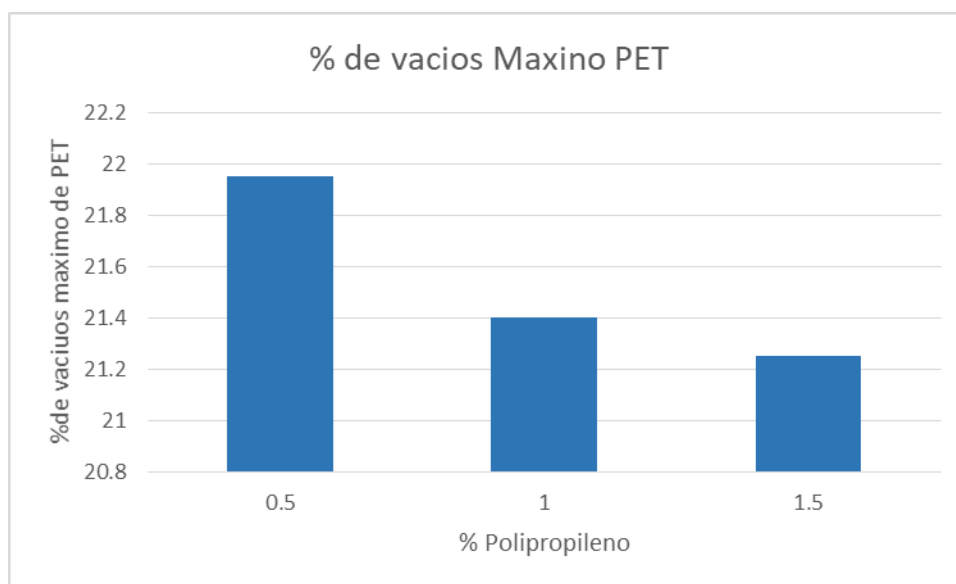


Figura 16 Porcentaje de vacíos PET

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para las variaciones de los porcentajes de plástico permiten determinar la ocupación de los vacíos máximos que se presenten en la estructura que pueden mejorar con la adición de este plástico mejorando la durabilidad de la mezcla asfáltica.

Tabla 22 Porcentajes de los vacíos máximos

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
%de vacíos máximo	16,9	15,3	13,9	13,1

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuando aumenta el porcentaje de material reciclado disminuye el porcentaje de vacíos máximos, aumentando en este sentido la durabilidad de este pavimento flexible, en este sentido, el asfalto reciclado mejora esta cualidad que debe tener del pavimento flexible.

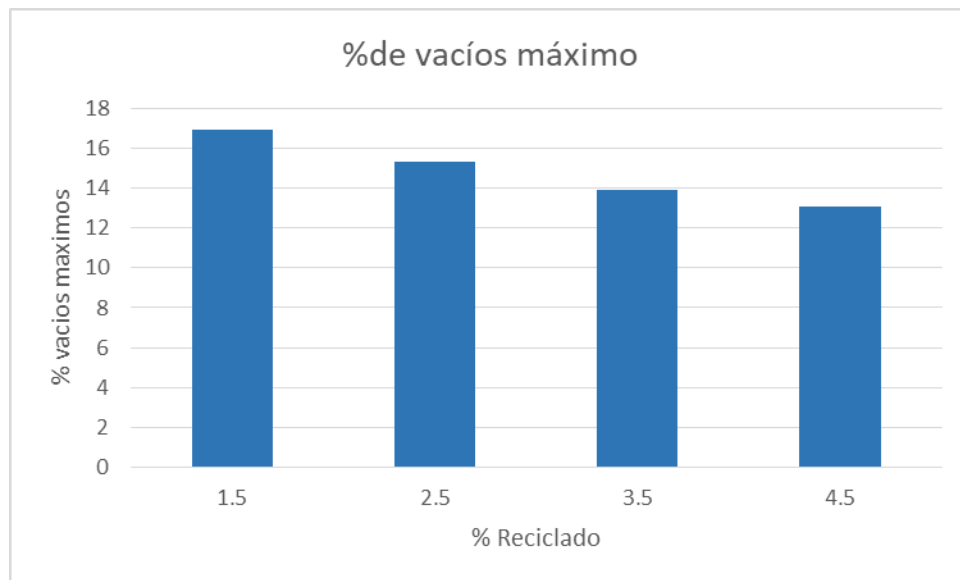


Figura 17 Vacíos máximos

Fuente: Elaboración propia, 2019

Para medir el flujo seco que es una parte de medir la resistencia que puede aumentar la durabilidad del mismo.

Tabla 23 Porcentajes de los vacíos del agregado mineral

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
% VMA	19,85	20,2	20,7	21,65

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en la que aumenta la cantidad de minerales agregados de 21,65% aumenta también la durabilidad, producto de la cantidad de agregados dentro de la mezcla asfáltica.

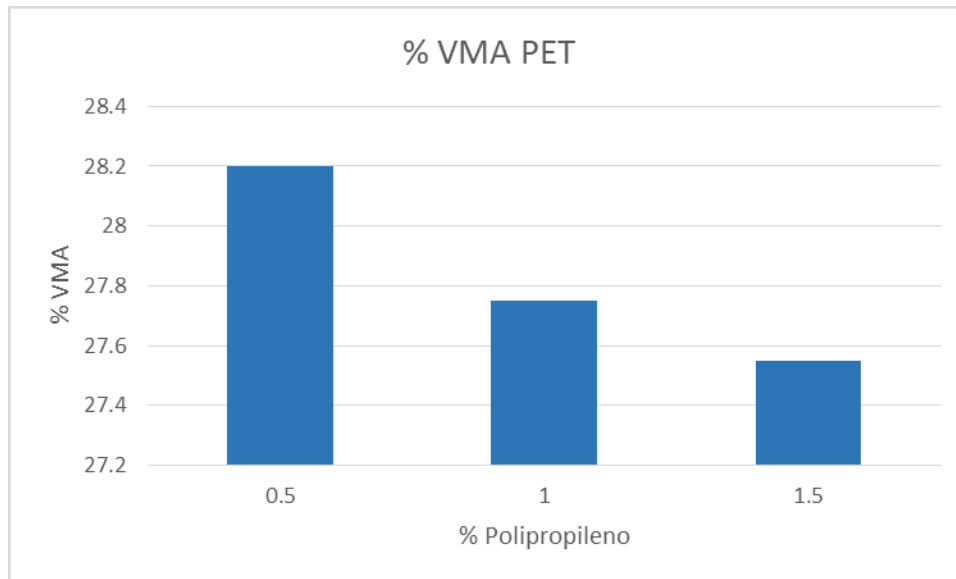


Figura 18 Vacíos Mineral Agregado. (VMA).

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la medida en la que aumenta las concentraciones de plástico como son de 0,5%, 1%, 1,5% para lo cual la tendencia es disminuir los vacíos de la estructura interna de la mezcla asfáltica.

Tabla 24 Porcentajes de los vacíos del agregado mineral

% Polipropileno	0.5	1	1.5
% VMA	28.2	27.75	27.55

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para conocer los porcentajes de vacíos a 27,55% de acuerdo a las proporciones que sustituyen los espacios con los agregados de minerales aumentando la forma estructural de la mezcla asfáltica contribuyendo a su durabilidad y por ende a disminución del envejecimiento.

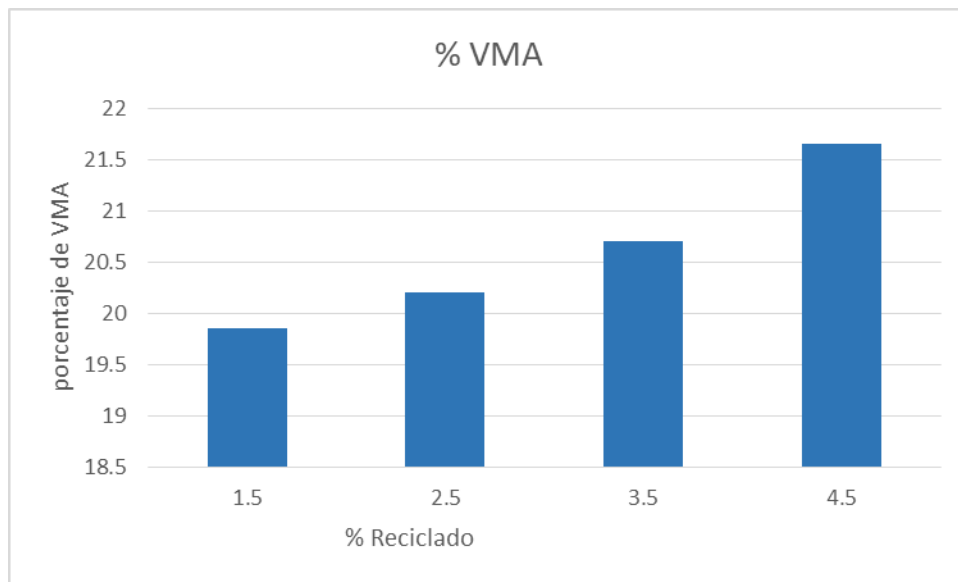


Figura 19 Vacíos Mineral Agregado

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuando se aumenta el porcentaje de reciclado disminuye los vacíos, ya que en 2,5% de reciclado que se estudia comienza el descenso de los porcentajes de vacío haciéndolo más resistente a que se produzcan vacíos.

Por lo tanto, se logra demostrar la importante que reviste la modificación de la mezcla asfáltica al incorporar material reciclado (asfalto) y PET, obteniéndose mejoras importantes en las propiedades mecánicas. Es así, que se recomiendan el

uso de proporción de 2,5 de material reciclado y de 1,5% de PET, ya que aporta mayor durabilidad.

4.2. Resultados inferenciales

Hipótesis General.

Para la hipótesis general la cual está definida como: Las mezclas de asfalto reciclado y polietileno (PET) mejorara las propiedades mecánicas del pavimento flexible en la Av. Condorcánqui Carabayllo, 2019, se procederá a dar respuesta en base al análisis de regresión lineal simple y coeficiente de correlación con el fin de validar la mejora de las propiedades mecánicas asfalto modificado con pavimento reciclado y PET, fue necesario realizar el análisis por medio de la regresión lineal con el fin de determinar si hubo mejora en las propiedades mecánicas con la incorporación de plástico reciclado de asfalto tal como se muestran los resultados a continuación:

- Dimensión la trabajabilidad

Para determinar la dimensión de trabajabilidad ser realizó el estudio de los parámetros porcentaje de mezcla, así como temperatura de la mezcla y temperatura de compactación, sin embargo, dado que los parámetros de temperatura se mantuvieron constantes no fue necesario emplear el SPSS, aplicando solamente el análisis de regresión lineal al porcentaje de la mezcla se considera la tabla 22 donde se encuentra el porcentaje de la mezcla, la figura 20 de porcentaje de mezcla y la tabla 22 de la cantidad de asfalto.

Tabla 25 Cantidad de asfalto

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
% Mezcla	2.5	3.2	3.9	4.5

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Es necesario estudiar el porcentaje de mezcla para determinar la trabajabilidad de la mezcla asfáltica la cual incide en las propiedades mecánicas del pavimento flexible.

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,999 ^a	,999	,998	,03873

a. Predictores: (Constante), porcentaje reciclado

b. Variable dependiente: porcentaje mezcla

Tal como se puede visualizar en los resultados obtenidos existe una alta correlación entre las variables, es decir que son directamente proporcionales debido a que este valor se aproxima a 1 es decir que tiene 100%.

Coefficientes

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	1,515	,055		27,321	,001
	porreciclado	,670	,017	,999	38,682	,001

a. Variable dependiente: porcentaje mezcla

Se puede evidenciar que el nivel de significancia está en 0,001 lo que quiere decir que los datos son confiables al aplicar esta herramienta.

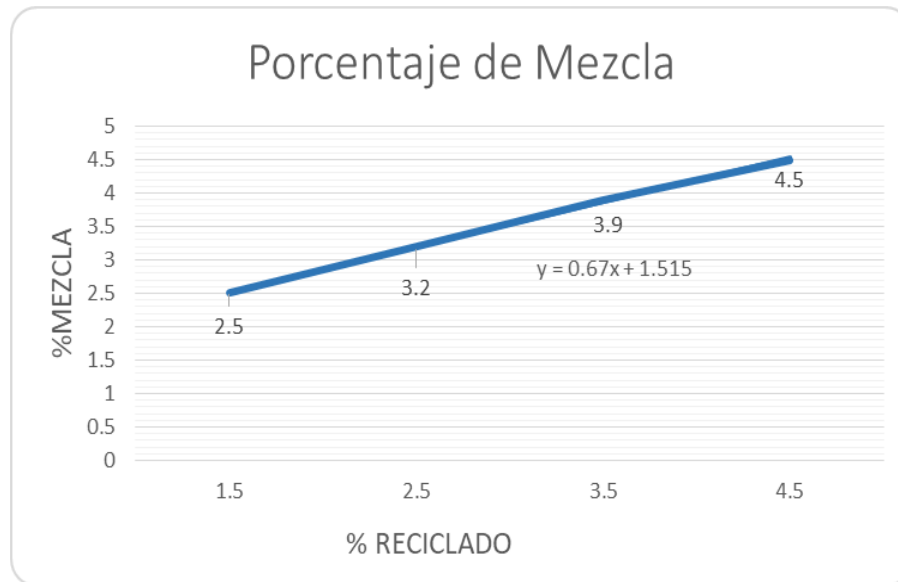


Figura 20 Diagrama de dispersión porcentaje mezcla vs porcentaje de reciclado

Fuente: Elaboración propia, 2019

Como se logra apreciar en la figura 20 en la medida en la que aumenta el porcentaje de material reciclado también suele reflejarse un aumento en el porcentaje de la mezcla que se requiere para que se obtenga una mezcla trabajable, siendo necesario tomar en consideración dicho parámetro al momento en que se diseñen mezclas asfáltica, pues este influye en las propiedades mecánicas y por ende en la vida útil de las vías construidas.

Dimensión resistencia

Para conocer la resistencia de la mezcla asfáltica es necesario realizar un estudio por medio de la herramienta de regresión lineal donde se consideran analizar los siguientes parámetros estabilidad corregida en seco y saturado tanto en la mezcla con reciclado como con plástico PET (polipropileno).

Tabla 26 Estabilidad corregida seca

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Estabilidad corregida seca(kg f)	679	774	700.5	595

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Se puede apreciar la existencia de una variación dentro de los resultados por las variaciones de los porcentajes de reciclado que afectan la resistencia a la deformación por lo tanto la cohesión debido a la fricción que hay diversos valores puede ocurrir debido a un mal análisis la cual debería aumentar a medida que aumenta el reciclado.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,570 ^a	,325	-,012	1,29864

a. Predictores: (Constante).

b. Variable dependiente: porcentaje reciclado

Se puede evidenciar que la relación entre ambas variables fue intermedia debido al tratado de la mezcla la cual influyo en estos valores.

Coefficientes

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	9,869	7,024		1,405	,29E
	estcorsecrec	-,010	,010	-,570	-,982	,43C

a. Variable dependiente: porcentaje reciclado.

Se logró conocer como fueron los parámetros significaría que son altos debido a que no existe una reproducibilidad apreciable en los valores obtenidos.

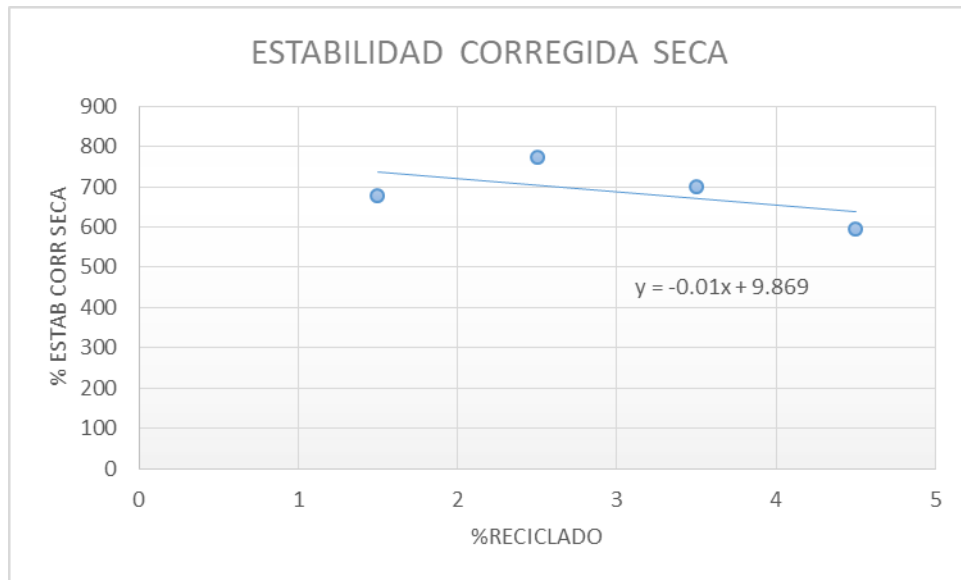


Figura 21 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs estabilidad corregida

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Donde se puede ver que los resultados no fueron constantes si no que hubo una variación en los mismos debido pudo haber influido el mal tratamiento a la hora de preparar la mezcla. Es por esto que no hay una reproducibilidad de los mismos ya que en la medida en la que aumenta el porcentaje de agregado aumenta la estabilidad.

Tabla 27 Estabilidad corregida saturada

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Estabilidad corregida saturada	556.5	651.5	622	517

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tal como se muestra a continuación hay una variación considerable aumentada su estabilidad cuando está en presencia de humedad.

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,312 ^a	,098	-,354	1,50195

a. Predictores: (Constante).

b. Variable dependiente: porcentaje reciclado

Se puede evidenciar que la relación entre ambas variables fue baja debido al tratado de la mezcla la cual influyo en estos valores.

Coefficientes^a

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	6,871	8,355		,822	,497
	estcorsatrec	-,007	,014	-,312	-,465	,688

a. Variable dependiente: porcentaje reciclado

Se logró conocer como fueron los parámetros significaría que son altos debido a que no existe una reproducibilidad apreciable en los valores obtenidos

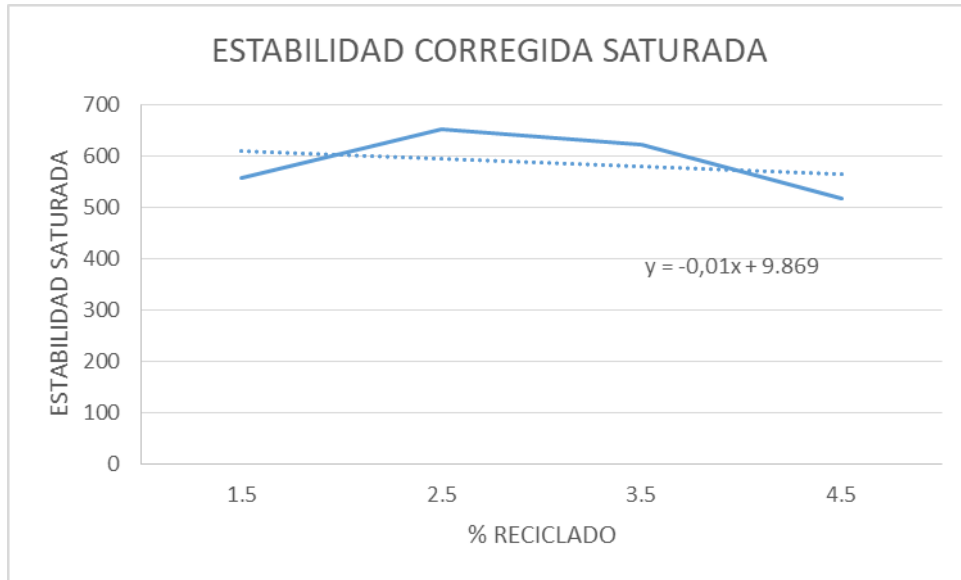


Figura 22 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs estabilidad saturada

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Es necesario ver la mayor tendencia que es aumentar su estabilidad frente a los cambios de humedad que se presentan durante el desarrollo del pavimento flexible.

Tabla 28 Estabilidad corregida seca de PET

% Polipropileno	0.5	1	1.5
Estabilidad corregida seca	569.5	655.5	822

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuando se le agrega este plástico le permite aportar estabilidad a la mezcla asfáltica una vez incorporado en la misma.

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,983 ^a	,967	,934	,25601

a. Predictores: (Constante).

b. Variable dependiente: porcentaje reciclado

Se puede evidenciar que la relación entre ambas variables fue mayor casi perfecta debido a que alcanza al tratado de la mezcla la cual influyo en estos valores.

Coefficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	-2,728	,973		-2,802	,21
	estcorrsecpol	,008	,001	,983	5,433	,11

a. Variable dependiente: porcentaje reciclado.

Se puede resaltar que el nivel de significancia es alto lo que quiere decir que es poco confiable los datos porque no hay una reproducibilidad constante de los valores.

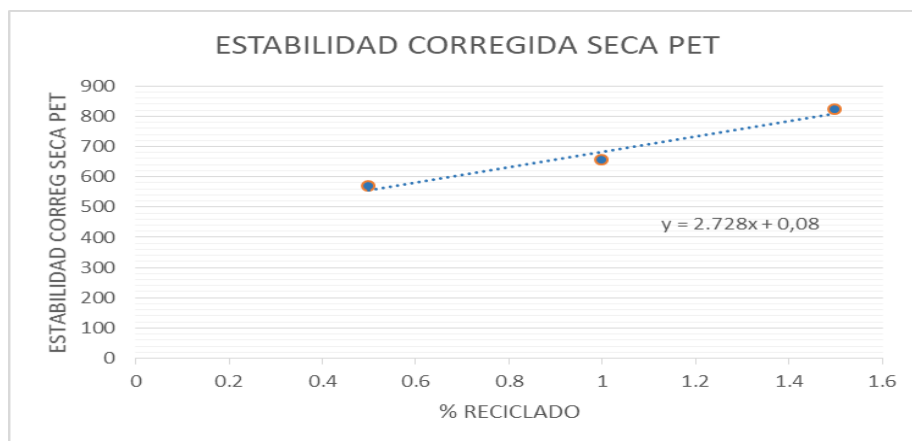


Figura 23 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs estabilidad seca PET

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Es necesario ver la mayor tendencia que se muestra como aumenta su estabilidad cuando se encuentra en seca es decir sin contacto con la humedad lo que permite definir su comportamiento a condiciones de humedad cero que se presentan durante el desarrollo del pavimento flexible.

Tabla 29 Flujo seco del reciclado

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Flujo Seco (mm)	3.7	4.8	6.25	6.6

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Es necesario resaltar que una vez que se incorpora el plástico en la mezcla aumenta el flujo el cual es un parámetro que es necesario estudiarlo a la hora de la compactación del mismo una vez que se les coloque en los pavimentos flexibles.

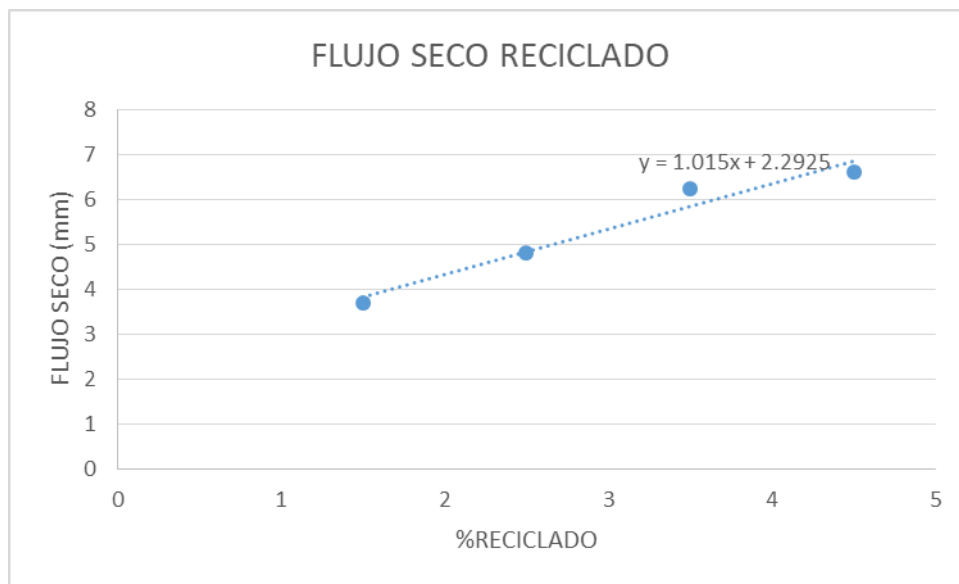


Figura 24 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs flujo seco con reciclado.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en la que se da un aumento en el porcentaje de material reciclado también se da un aumento en el flujo, aumentando por ende su capacidad de fluir lo que lo hace más duradero.

Tabla 30 Flujo saturado del reciclado

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Flujo Saturado (mm)	4.45	6.35	6.65	7.35

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la medida que se da un aumento en el material reciclado va aumentando su flujo es disminuye su capacidad a fluir lo que aumenta su resistencia.

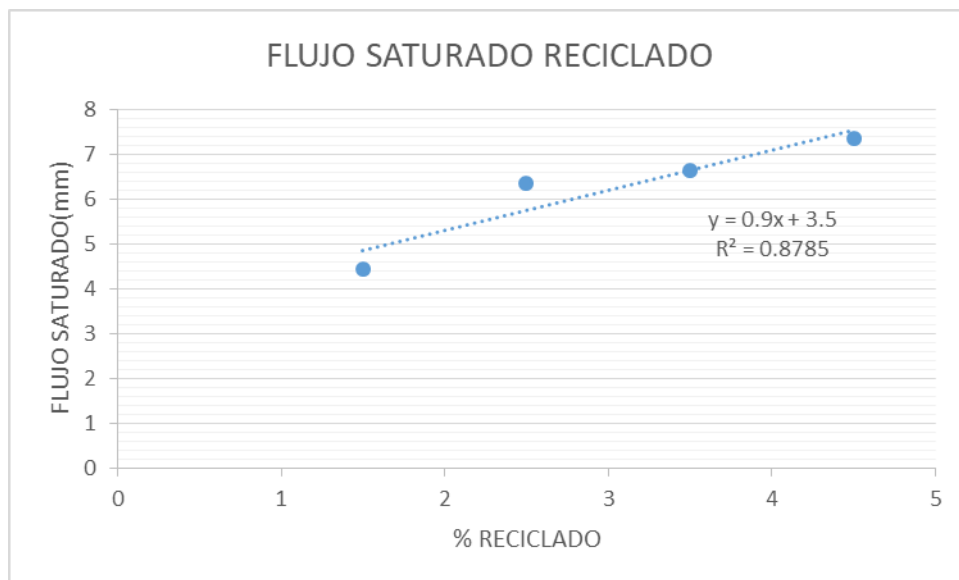


Figura 25 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs flujo saturado con reciclado.

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la medida en que aumente el porcentaje de material reciclado en esa misma medida se da un aumento en el flujo, lo que indica que hay un aumento de la capacidad de fluir lo que lo hace sea más duradero al estar en contacto con el agua.

Tabla 31 Flujo seco PET

% Polipropileno	0.5	1	1.5
Flujo seco (mm)	3.8	4.45	4.95

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en que aumente el porcentaje de fluido es decir mayor resistencia cuando se agrega mayor resistencia al pavimento flexible.

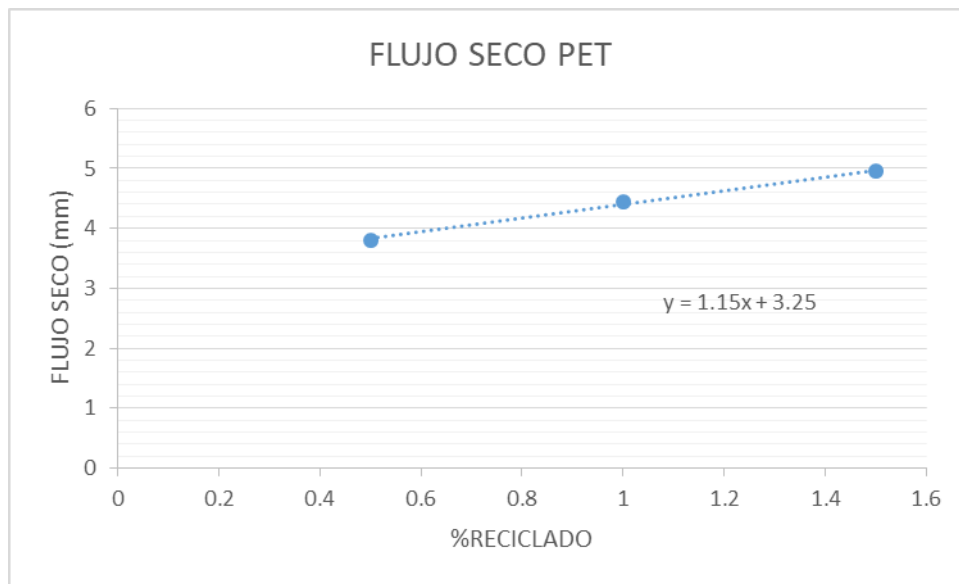


Figura 26 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs flujo seco con PET.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en que aumente el porcentaje de material reciclado en esa misma medida se da un aumento en el flujo, lo que indica que hay un aumento de la capacidad de fluir lo que lo hace más duradero cuando se le agrega este plástico.

Tabla 32 Contenido de humedad seco

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Contenido de humedad seco	4.25	4.05	3.25	6.6

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en que aumente el material reciclado va hacer mayor la capacidad de resistir cuando el pavimento se encuentra en contacto con el agua.

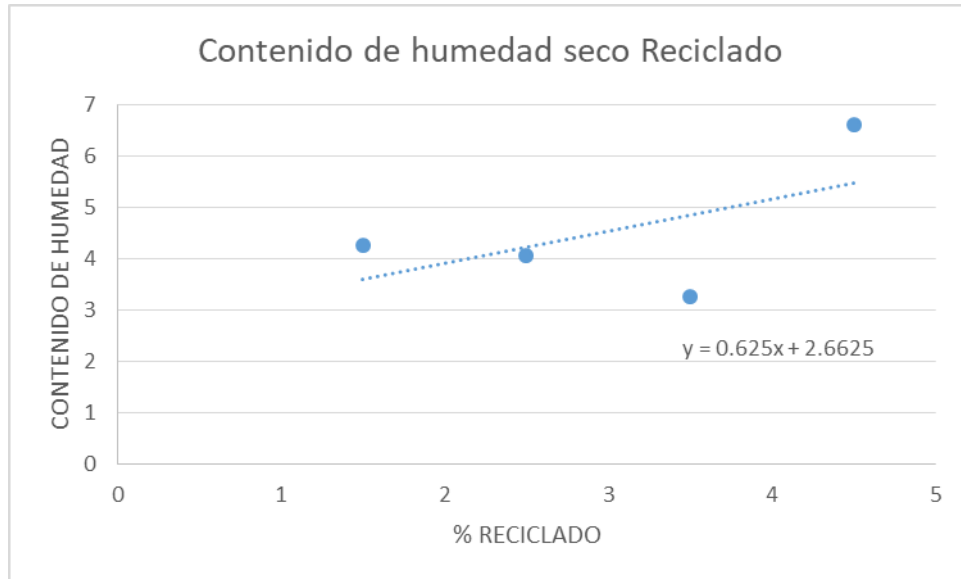


Figura 27 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs contenido de humedad.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en la que aumente el porcentaje de material reciclado en esa misma medida se da un aumento de la capacidad de soportar el contenido de agua haciéndolo con mayor vida útil.

Tabla 33 Contenido de humedad seco

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Contenido de humedad saturado	12.3	10.75	9.05	6.55

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuando está en contacto con la humedad va disminuyendo debido a que la estructura de la forma estructural del pavimento flexible es mayor.

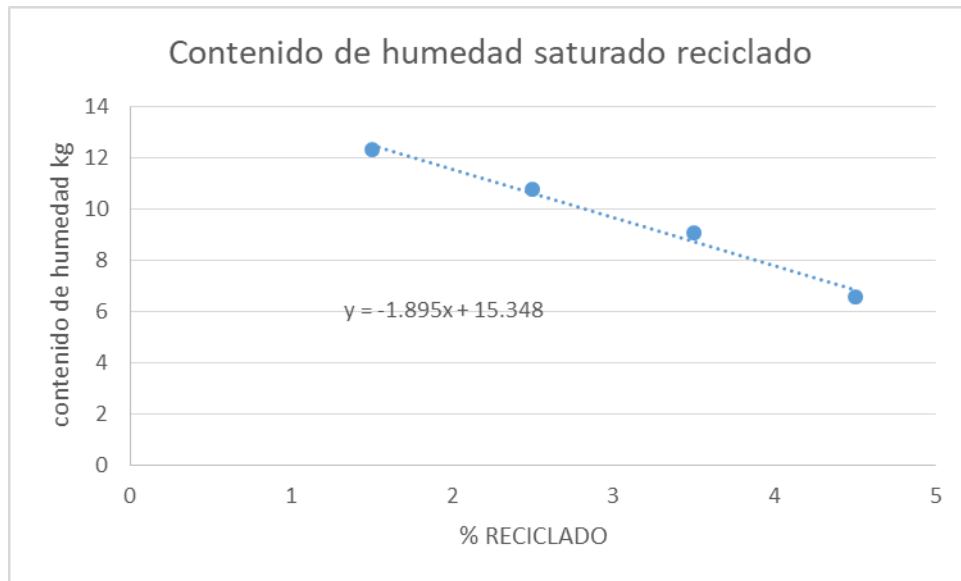


Figura 28 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs contenido de humedad saturado.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en la que aumente el porcentaje de material reciclado en esa misma medida se da un aumento de la capacidad de soportar el contenido de agua haciéndolo con mayor vida útil cuando está en contacto con agua.

Tabla 34 *Contenido de humedad seco*

% Polipropileno	0.5	1	1.5
Contenido de humedad	3.35	3.1	3.35

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuando está en contacto con la humedad va disminuyendo debido a que la estructura de la forma estructural del pavimento flexible es mayor cuando se le agrega este plástico.

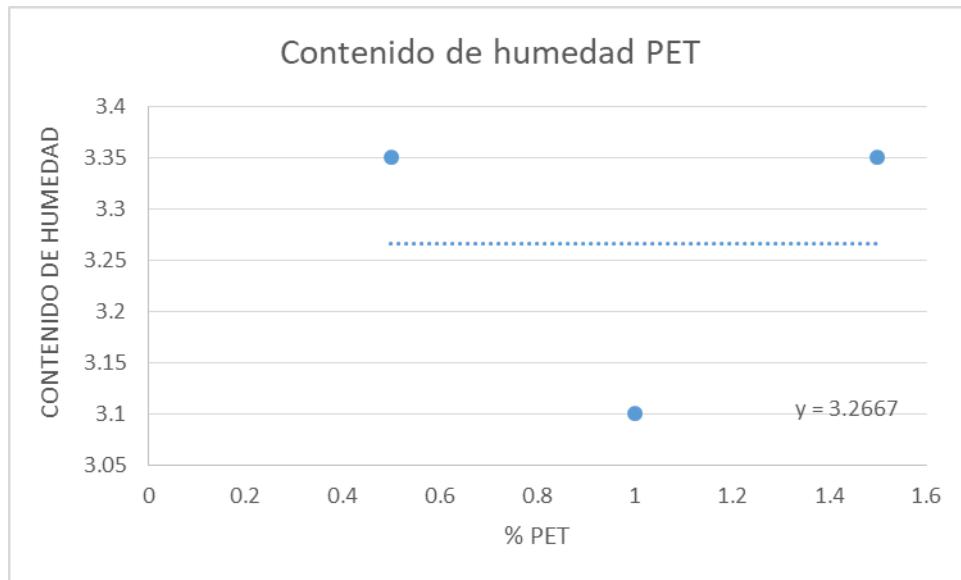


Figura 29 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs contenido de humedad saturado.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en la que aumente el porcentaje de material reciclado en esa misma medida se da un aumento de la capacidad de soportar el contenido de agua haciéndolo con mayor vida útil cuando está en contacto con agua.

Dimensión de vacíos

Tabla 35 porcentaje de vacíos reciclado

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
% de vacíos	8.5	7.5	7.59	9.99

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en la que se da un aumento en el material reciclado va aumentando los vacíos debido a su estructura no llena los espacios vacíos.

Resumen del modelo ^b				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,499 ^a	,249	-,127	1,20872

a. Predictores: (Constante), Porcentaje_Agregado

a. Variable dependiente: Porcentaje_Vacio

Se evidencia la existencia de una relación entre ambas variables ya que el coeficiente de correlación es igual a 0.499.

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	7,030	1,731		4,062	,056
	Porcentaje_Agregado	,440	,541	,499	,814	,501

a. Variable dependiente: Porcentaje_Vacio

Se puede evidenciar que el nivel de significancia es medianamente confiable de 0,056

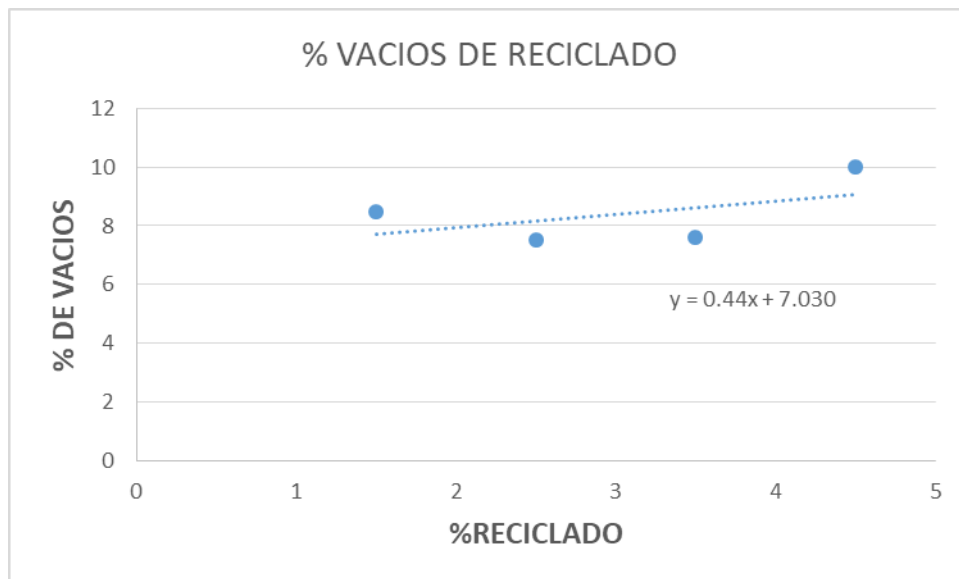


Figura 30 Diagrama de dispersión porcentaje reciclado vs porcentaje de vacío.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida misma medida en la hay más material agregado se da una tendencia de una resistencia mayor debido a la existencia de menos vacíos.

Tabla 36 Porcentaje reciclado de vacío Máximo

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
% de vacíos	8.5	7.5	7.59	9.99

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Se infiere que hay una correlación alta en ambas variables pues se obtuvo un coeficiente de correlación igual a 0,990.

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	18,640	,415		44,919	,000
	Porcentaje_Agregado	-1,280	,130	-,990	-9,875	,010

a. Variable dependiente: Porcentaje_Vacio_Maximo

Se puede evidenciar que el nivel de significancia confiable porque es 0,000 lo que quiere decir que los datos son confiables al aplicar esta herramienta

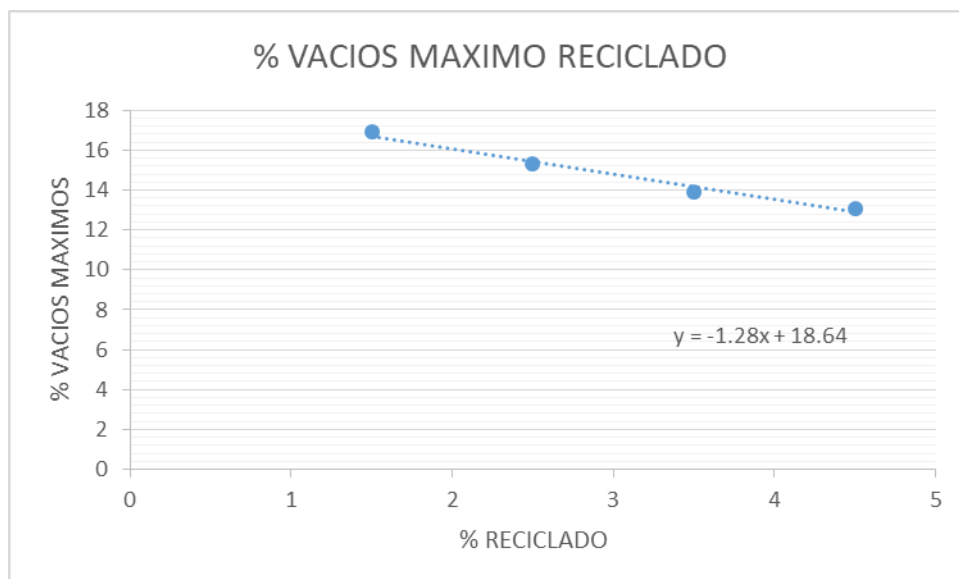


Figura 31 Diagrama de dispersión porcentaje reciclado vs porcentaje de vacío máximo.

Fuente. Elaboración, propia, 2019.

En la medida en que hay mayor cantidad de material agregado se produce una tendencia de una resistencia menor debido a que hay más vacíos.

Tabla 37 Porcentaje de reciclado VMA

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
% VMA	19.85	20.2	20.7	21.65

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en que aumenta el material reciclado a 4,5% se genera un mayor porcentaje de 21,65% lo que indica se un mayor llenado de los vacíos de mineral agregado lo que lo hace más resistente.

Resumen del modelo ^b				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,968 ^a	,936	,904	,24400

a. Predictores: (Constante), Porcentaje_reciclado

b. Variable dependiente: Porcentaje_VMA

Como se evidencia en la tabla anterior se observa una correlación alta entre ambas variables pues se obtuvo un coeficiente de correlación igual a 0,968

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	18,824	,349		53,884	,000
	Porcentaje_Agregado	,591	,109	,968	5,416	,032

a. Variable dependiente: Porcentaje_VMA

El nivel de significancia entre las variables es confiable ya que arrojó 0,000

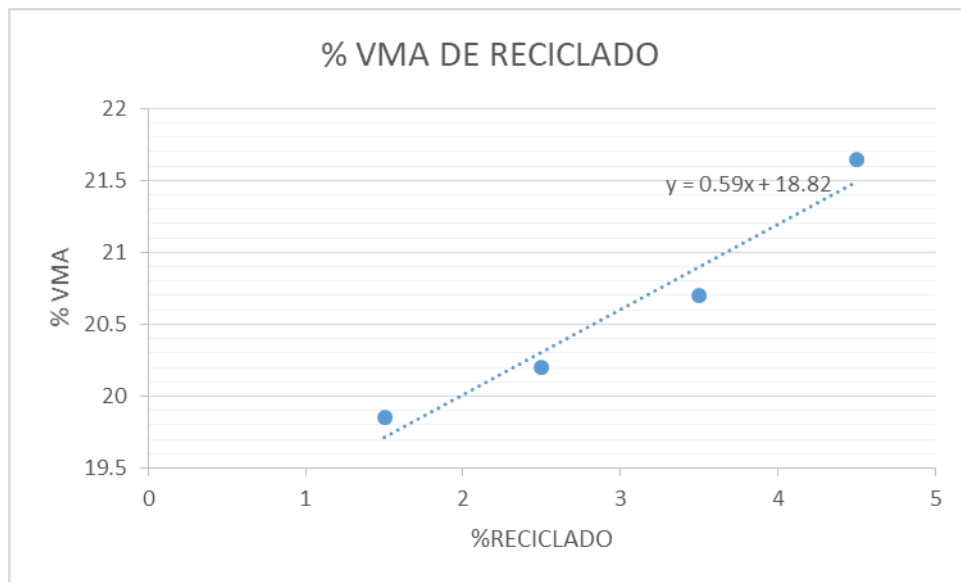


Figura 32 Diagrama de dispersión porcentaje reciclado vs porcentaje de VMA.

Fuente. Elaboración propia, 2019.

Tal como se poder evidenciar el comportamiento mejora los vacíos que se pueden alcanzar debido a que hay más materia y se logra menos vacíos aumentando su resistencia.

Tabla 38 Porcentaje de vacíos con PET.

%Polipropileno	0,5	1,0	1,5
% de vacíos	16.1	15.95	15.9

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Es necesario resaltar que cuando se agrega el plástico este permite llenar algunos vacíos que tiene la mezcla asfáltica aumentando su resistencia.

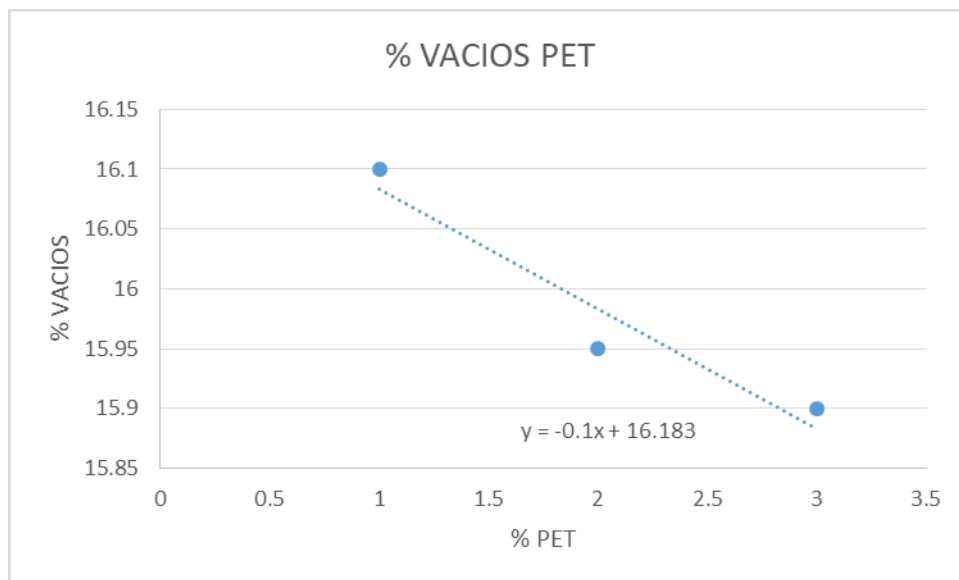


Figura 33 Diagrama de dispersión porcentaje PET vs porcentaje de vacíos.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tal como se poder evidenciar el comportamiento mejora los vacíos que se pueden alcanzar debido a que hay más materia y se logra menos vacíos aumentando su resistencia.

Tabla 39 Porcentaje de vacíos con PET.

%Polipropileno	0.5	1	1.5
% de vacíos máximos	21.9	21.4	21.25

Fuente: Elaboración propia, 2019.

A medida que se le agrega este plástico va disminuyendo los vacíos máximos que puede soportar la mezcla asfáltica permitiendo mayor durabilidad.

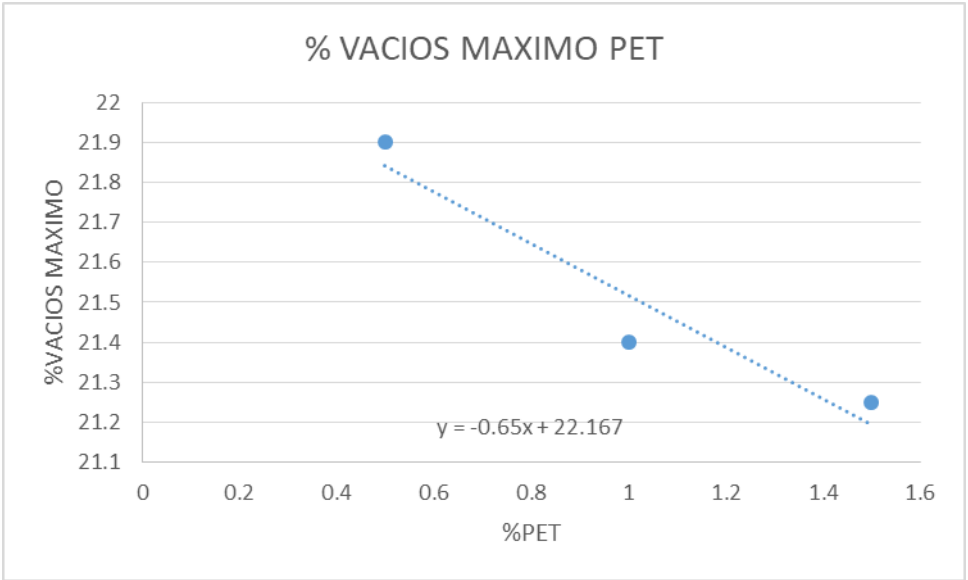


Figura 34 Diagrama de dispersión porcentaje PET vs porcentaje máximos vacíos.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tal como se poder evidenciar el comportamiento mejora los vacíos que se pueden alcanzar debido a que hay más materia y se logra menos vacíos aumentando su resistencia cuando se le agrega este plástico PET.

Tabla 40 Porcentaje de VMA con PET.

% Polipropileno	0.5	1	1.5
% VMA	19.85	20.2	20.7

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en la que aumenta la cantidad de incorporación de plástico PET mayor serpa su porcentaje lo que indica que se da un mayor llenado de los vacíos de mineral agregado lo que lo hace más resistente.

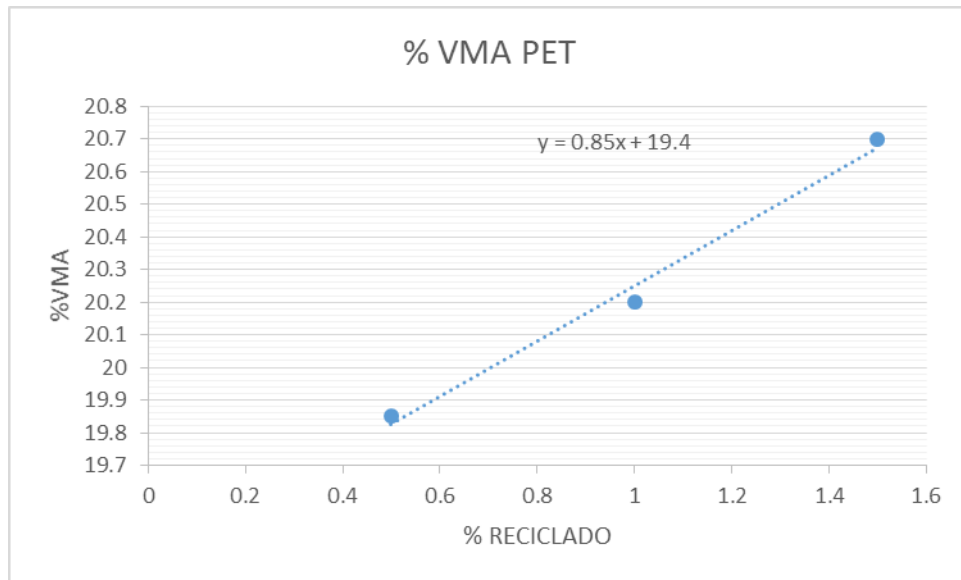


Figura 35 Diagrama de dispersión porcentaje plástico PET vs porcentaje de VMA.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tal como se poder evidenciar el comportamiento mejora los vacíos que se pueden alcanzar debido a que hay más materia y se logra menos vacíos aumentando su resistencia.

Por medio de los vacíos se evidenció la durabilidad que posee la mezcla asfáltica evidenciándose que es mayor, por lo tanto se afirma que se da cumplimiento a la hipótesis general, ya que se observó un comportamiento favorable que demuestra la mejora en las propiedades mecánicas del pavimento flexible cuando se incorpora pavimento reciclado y plástico PET.

Hipótesis específica 1.

Para la hipótesis específica 1 que plantea las mezclas de asfalto reciclado y polietileno (PET) mejorará la resistencia mecánica del pavimento flexible en la Av. Condorcánqui Carabayllo, 2019, se procederá a dar respuesta en base al análisis de regresión lineal simple y coeficiente de correlación con el fin de validar las mejoras

en la resistencia mecánica del asfalto modificado con pavimento reciclado y PET tal como se muestran los resultados.

Dimensión la trabajabilidad

Para determinar la dimensión de trabajabilidad se requirió estudiar los parámetros porcentaje de mezcla, así como temperatura de la mezcla y temperatura de compactación, dado que los parámetros de temperatura se mantuvieron constantes no fue necesario emplear el SPSS, aplicando solamente el análisis de regresión lineal al porcentaje de la mezcla se considera la tabla 22 donde se encuentra el porcentaje de la mezcla, la figura 20 de porcentaje de mezcla y la tabla 22 de la cantidad de asfalto.

Tabla 41 Cantidad de asfalto

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
% Mezcla	2.5	3.2	3.9	4.5

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Es necesario estudiar el porcentaje de mezcla para determinar la trabajabilidad de la mezcla asfáltica la cual incide en las propiedades mecánicas del pavimento flexible.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,999 ^a	,999	,998	,03873

a. Predictores: (Constante), porcentaje reciclado

b. Variable dependiente: porcentaje mezcla

Tal como se puede visualizar en los resultados obtenidos existe una alta correlación entre las variables, es decir que son directamente proporcionales debido a que este valor se aproxima a 1 es decir que tiene 100%.

Modelo	Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	1,515	,055	27,321	,001
	porreciclado	,670	,017	,999	,001

a. Variable dependiente: porcentaje mezcla

Se puede evidenciar que el nivel de significancia está en 0,001 lo que quiere decir que los datos son confiables al aplicar esta herramienta.

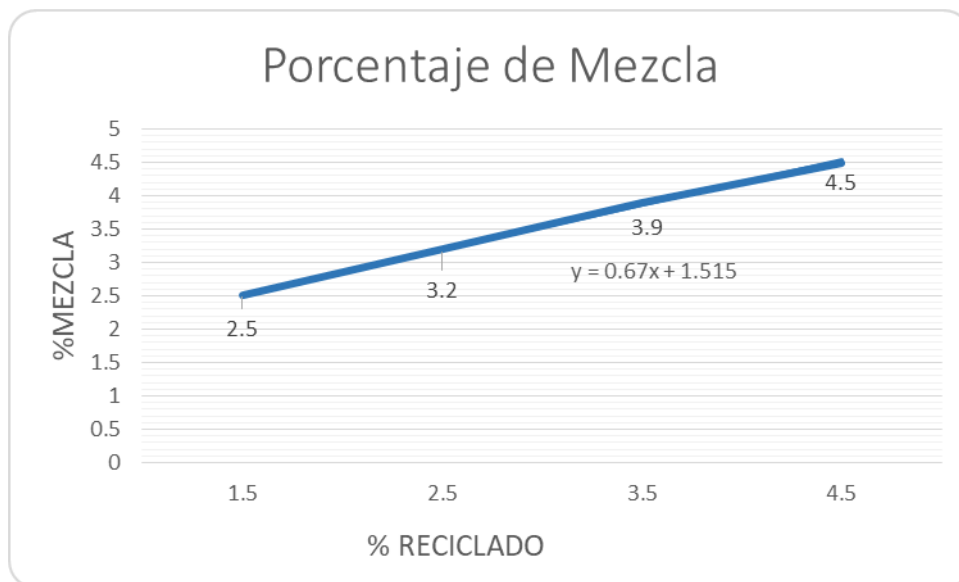


Figura 36 Diagrama de dispersión porcentaje mezcla vs porcentaje de reciclado

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Como se puede apreciar en la figura 36 en la medida que aumenta los porcentajes de material reciclado existe un aumento en el porcentaje de la mezcla necesaria para que se obtenga una mezcla trabajable, siendo necesario tomar en consideración dicho parámetro al momento de realizar las mezclas asfáltica, ya que incide en la propiedad mecánica y por ende en la vida útil de la vía.

Se acepta la hipótesis específica , ya que se evidenció con la incorporación de asfalto reciclado y PET se da un aumento en la trabajabilidad del pavimento flexible.

Hipótesis 2

Donde plantea que las mezclas de asfalto reciclado y polietileno mejora la resistencia del pavimento flexible de la Av. Condorcánqui Carabayllo.

Dimensión resistencia

Para conocer la resistencia de la mezcla asfáltica es necesario realizar un estudio por medio de la herramienta de regresión lineal donde se consideran analizar los siguientes parámetros estabilidad corregida en seco y saturado tanto en la mezcla con reciclado como con plástico PET (polipropileno).

Tabla 42 Estabilidad corregida seca

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Estabilidad corregida seca(kg f)	679	774	700.5	595

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Se logra apreciar una variación en los resultados por las variaciones de los porcentajes de reciclado que afectan la resistencia a la deformación por lo tanto la cohesión debido a la fricción que hay diversos valores puede ocurrir debido a un mal análisis la cual debería aumentar a medida que aumenta el reciclado.

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,570 ^a	,325	-,012	1,29864

a. Predictores: (Constante).

b. Variable dependiente: porcentaje reciclado

Se puede evidenciar que la relación entre ambas variables fue intermedia debido al tratado de la mezcla la cual influyo en estos valores.

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		Sig.	
	B	Desv. Error	Beta	t		
1	(Constante)	9,869	7,024		1,405	,29€
	estcorsecrec	-,010	,010	-,570	-,982	,43€

a. Variable dependiente: porcentaje reciclado.

Se logró conocer como fueron los parámetros significaría que son altos debido a que no existe una reproducibilidad apreciable en los valores obtenidos.

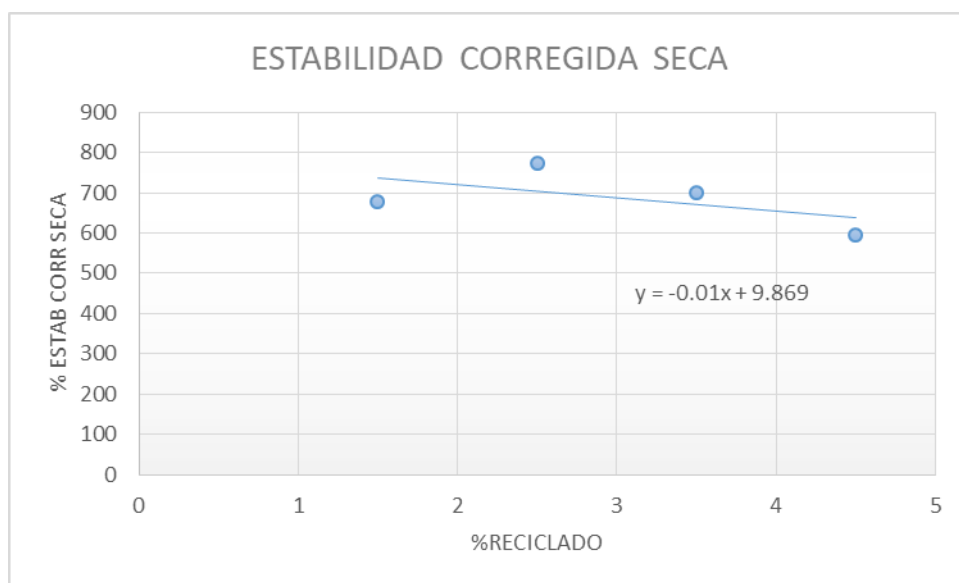


Figura 37 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs estabilidad corregida

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Donde se puede ver que los resultados no fueron constantes si no que hubo una variación en los mismos debido pudo haber influido el mal tratamiento a la hora de preparar la mezcla. Es por esto que no hay una reproducibilidad de los mismos ya que se debería dar un aumento en su estabilidad en la misma medida en que se aumente el porcentaje de agregado.

Tabla 43 Estabilidad corregida saturada

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Estabilidad corregida saturada	556.5	651.5	622	517

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tal como se muestra a continuación hay una variación considerable aumentada su estabilidad cuando está en presencia de humedad.

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,312 ^a	,098	-,354	1,50195

a. Predictores: (Constante).

b. Variable dependiente: porcentaje reciclado

Se puede evidenciar que la relación entre ambas variables fue baja debido al tratado de la mezcla la cual influyo en estos valores.

Coefficientes^a

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	6,871	8,355		,822	,497
	estcorsatrec	-,007	,014	-,312	-,465	,688

a. Variable dependiente: porcentaje reciclado

Se logró conocer como fueron los parámetros significaría que son altos debido a que no existe una reproducibilidad apreciable en los valores obtenidos

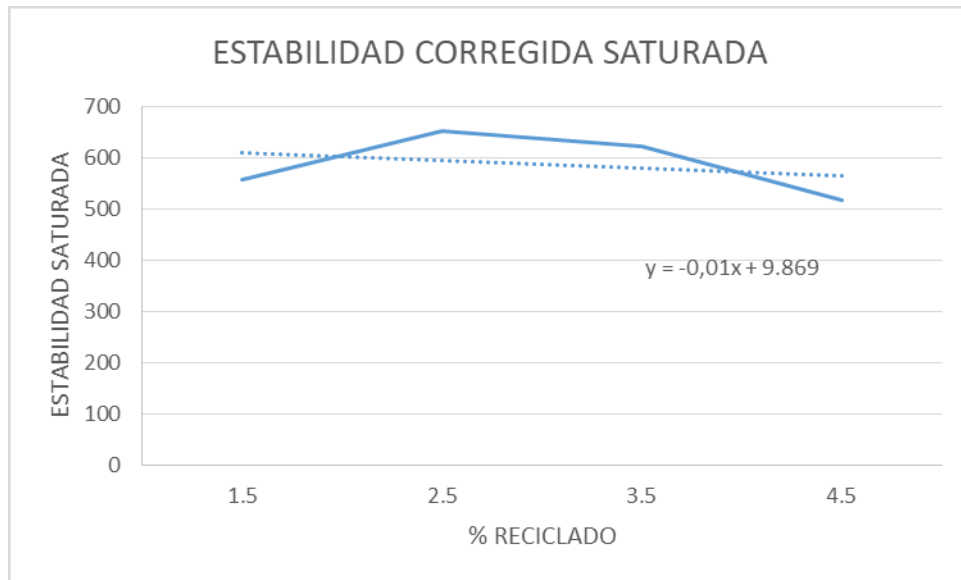


Figura 38 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs estabilidad saturada

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Es necesario ver la mayor tendencia que es aumentar su estabilidad frente a los cambios de humedad que se presentan durante el desarrollo del pavimento flexible.

Tabla 44 Estabilidad corregida seca de PET

% Polipropileno	0.5	1	1.5
Estabilidad corregida seca	569.5	655.5	822

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cuando se le agrega este plástico le permite aportar estabilidad a la mezcla asfáltica una vez incorporado en la misma.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,983 ^a	,967	,934	,25601

a. Predictores: (Constante).

b. Variable dependiente: porcentaje reciclado

Se puede evidenciar que la relación entre ambas variables fue mayor casi perfecta debido a que alcanza al tratado de la mezcla la cual influyo en estos valores.

Coefficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	-2,728	,973		-2,802	,21
	estcorsecpol	,008	,001	,983	5,433	,11

a. Variable dependiente: porcentaje reciclado

Se puede resaltar que el nivel de significancia es alto lo que quiere decir que es poco confiable los datos porque no hay una reproducibilidad constante de los valores.

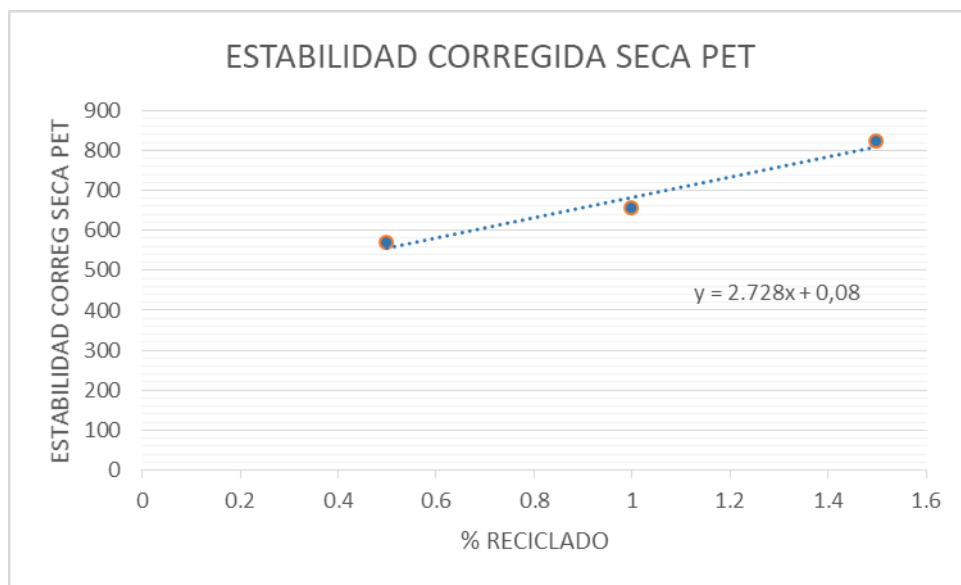


Figura 39 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs estabilidad seca PET.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Es necesario ver la mayor tendencia que se muestra como aumenta su estabilidad cuando se encuentra en seca es decir sin contacto con la humedad lo que permite

definir su comportamiento a condiciones de humedad cero que se presentan durante el desarrollo del pavimento flexible.

Tabla 45 Flujo seco del reciclado

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Flujo seco (mm)	3.7	4.8	6.25	6.6

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Es necesario resaltar que una vez que se incorpora el plástico en la mezcla aumenta el flujo el cual es un parámetro que es necesario estudiarlo a la hora de la compactación del mismo una vez que se les coloque en los pavimentos flexibles.

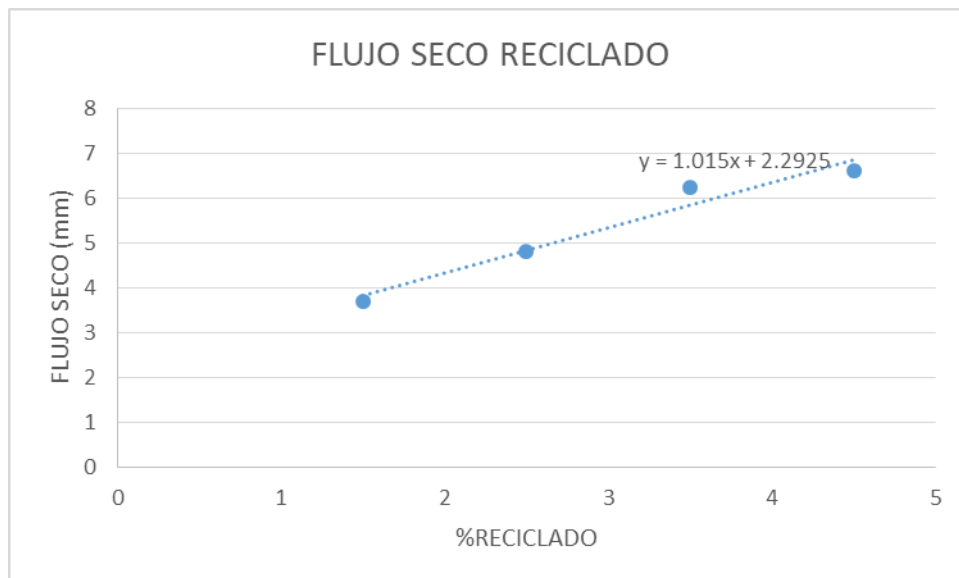


Figura 40 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs flujo seco con reciclado.

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la medida que se da un aumento en el porcentaje de material reciclado se produce también un aumento en el flujo, aumentando así su capacidad para fluir lo que lo hace más duradero.

Tabla 46 Flujo saturado del reciclado

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Flujo Saturado (mm)	4.45	6.35	6.65	7.35

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en la que aumenta el material reciclado va aumentando su flujo es decir disminuye su capacidad a fluir lo que aumenta su resistencia.

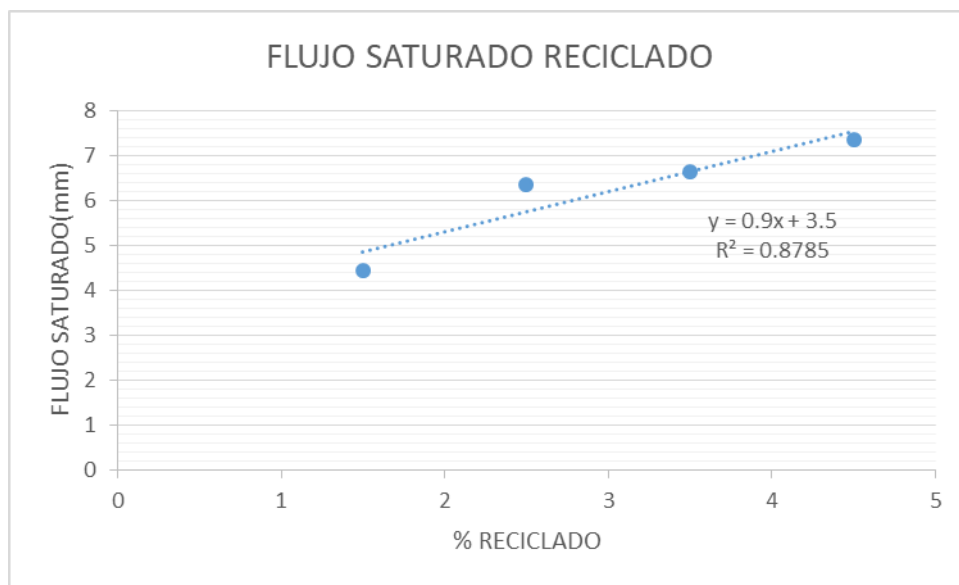


Figura 41 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs flujo saturado con reciclado.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida que se da un aumento en el porcentaje de material reciclado se produce también un aumento en el flujo, aumentando así su capacidad para fluir lo que lo hace más duradero al estar en contacto con el agua

Tabla 47 Flujo seco PET

% Polipropileno	0.5	1	1.5
Flujo seco (mm)	3.8	4.45	4.95

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la medida en la que aumenta el porcentaje de fluido es decir mayor resistencia cuando se agrega mayor resistencia al pavimento flexible.

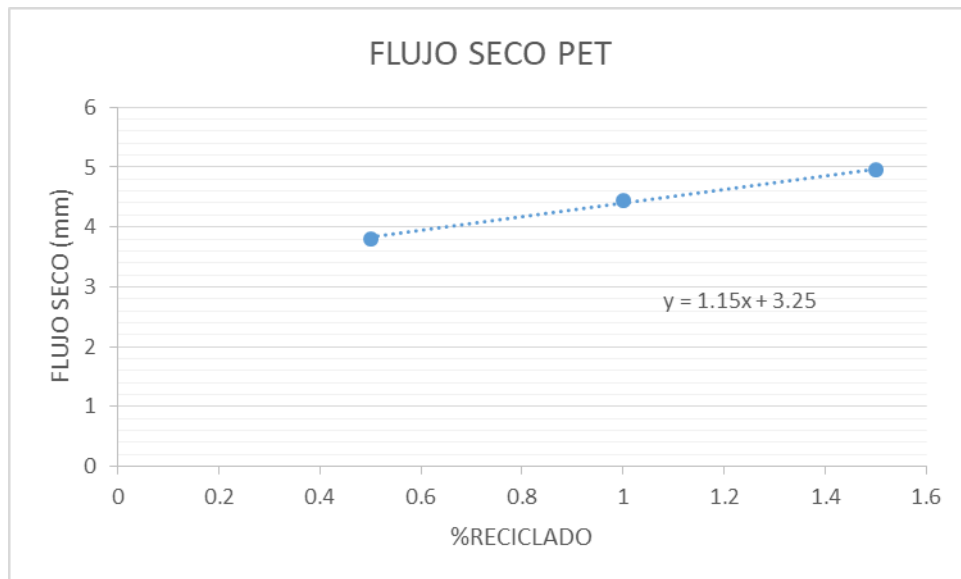


Figura 42 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs flujo seco con PET.

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la medida que se da un aumento en el porcentaje de material reciclado se produce también un aumento en el flujo, aumentando así su capacidad para fluir lo que lo hace más duradero cuando se le agrega este plástico.

Tabla 48 Contenido de humedad seco

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Contenido de humedad seco	4.25	4.05	3.25	6.6

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la medida en la que aumenta el material reciclado va hacer mayor la capacidad de resistir cuando el pavimento se encuentra en contacto con el agua.

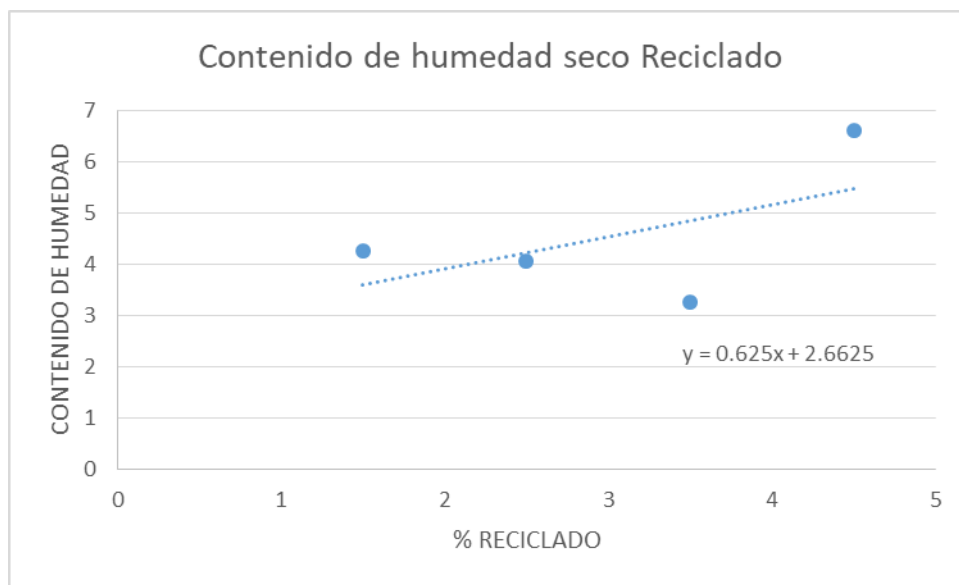


Figura 43 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs contenido de humedad.

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la medida en la que aumenta el porcentaje de material reciclado se produce un aumento de la capacidad para soportar el contenido de agua haciéndolo con mayor vida útil.

Tabla 49 Contenido de humedad seco.

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
Contenido de humedad saturado	12.3	10.75	9.05	6.55

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Cuando está en contacto con la humedad va disminuyendo debido a que la estructura de la forma estructural del pavimento flexible es mayor.

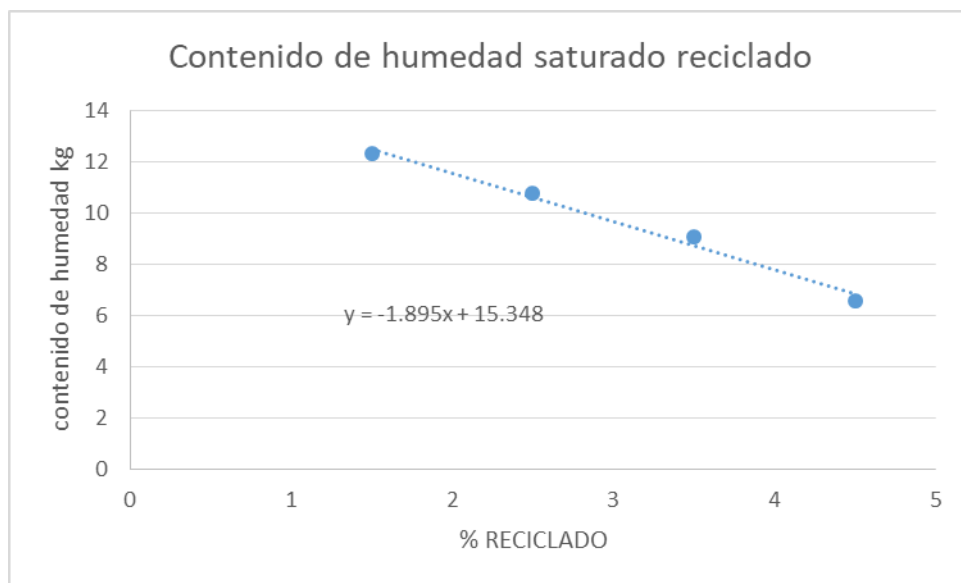


Figura 44 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs contenido de humedad saturado.

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la medida en la que aumenta el porcentaje de material reciclado se produce un aumento de la capacidad para soportar el contenido de agua haciéndolo con mayor vida útil al estar en contacto con el agua.

Tabla 50 Contenido de humedad seco

% Polipropileno	0.5	1	1.5
Contenido de humedad	3.35	3.1	3.35

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Cuando está en contacto con la humedad va disminuyendo debido a que la estructura de la forma estructural del pavimento flexible es mayor cuando se le agrega este plástico.

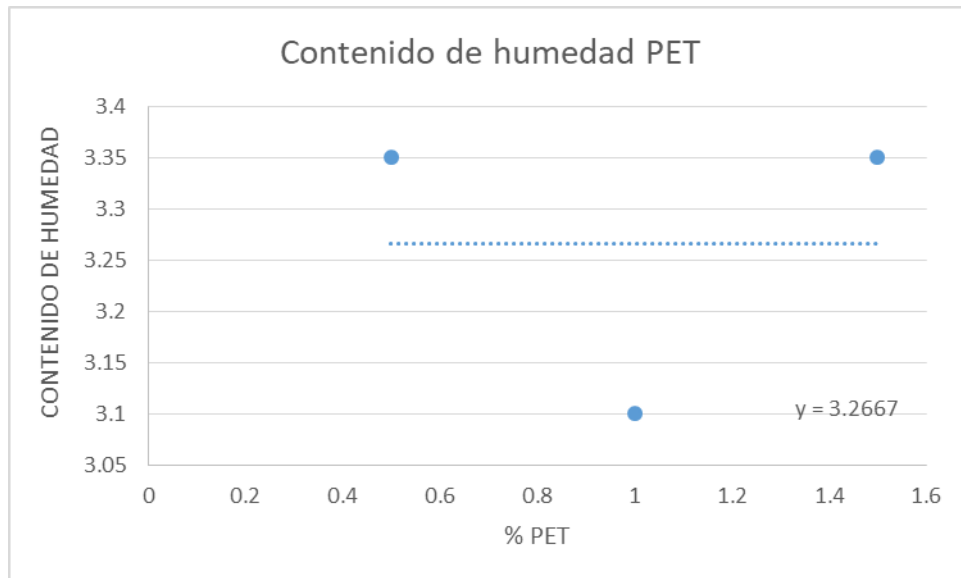


Figura 45 Diagrama de dispersión porcentaje de reciclado vs contenido de humedad saturado.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en la que aumenta el porcentaje de material reciclado se produce un aumento de la capacidad para soportar el contenido de agua haciéndolo con mayor vida útil al estar en contacto con el agua

Se acepta la hipótesis específica 2, pues como se evidenció existe un aumento en la resistencia del pavimento flexible al incorporarse asfalto reciclado y PET.

Hipótesis específica 3.

Para la hipótesis específica 3 que plantea mezclas de asfalto reciclado y polietileno (PET) mejora los porcentajes de vacíos del pavimento flexible en la Av. Condorcánqui Carabayllo 2019, se procederá a dar respuesta en base al análisis de regresión lineal simple y coeficiente de correlación con el fin de validar la mejora en

la durabilidad del asfalto modificado con pavimento reciclado y PET tal como se muestran los resultados.

Para medir la durabilidad es necesario conocer los vacíos que se encuentran en la estructura asfáltica ya que estos permiten predecir la durabilidad de los mismos.

Tabla 51 Porcentaje de vacíos reciclado

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
% de vacíos	8.5	7.5	7.59	9.99

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

En la medida en la que aumenta el material reciclado va aumentando los vacíos debido a su estructura no llena los espacios vacíos.

Resumen del modelo ^b				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,499 ^a	,249	-,127	1,20872

a. Predictores: (Constante), Porcentaje_Agregado

a. Variable dependiente: Porcentaje_Vacio

Se evidencia la existencia de una relación entre ambas variables ya que el coeficiente de correlación es igual a 0.499.

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	7,030	1,731		4,062	,056
	Porcentaje_Agregado	,440	,541	,499	,814	,501

a. Variable dependiente: Porcentaje_Vacio

Se puede evidenciar que el nivel de significancia es medianamente confiable de 0,056

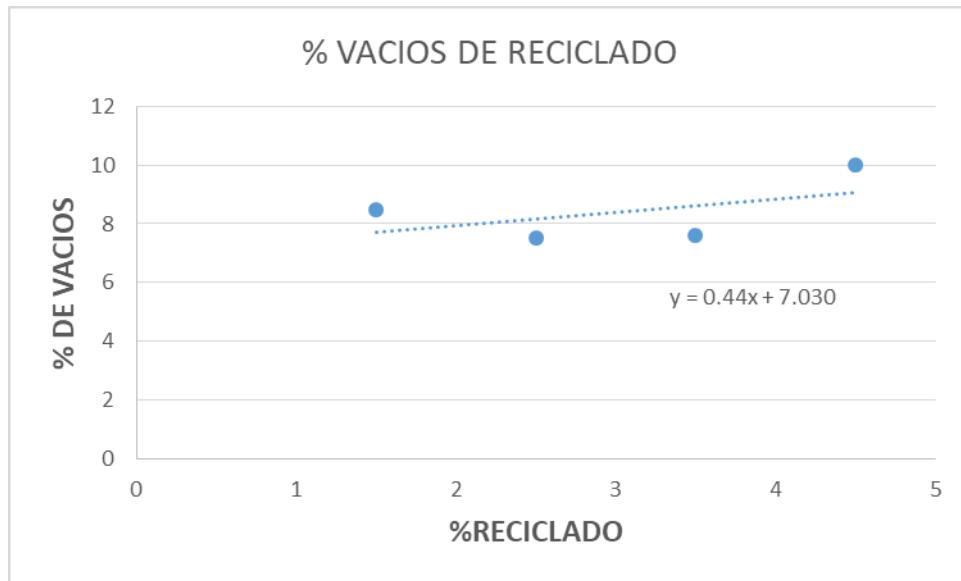


Figura 46 Diagrama de dispersión porcentaje reciclado vs porcentaje de vacío.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida misma medida en la hay más material agregado se da una tendencia de una resistencia mayor debido a la existencia de menos vacíos.

Tabla 52 Porcentaje reciclado de vacío Máximo

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
% de vacíos	8.5	7.5	7.59	9.99

Fuente: Elaboración propia, 2019

Se infiere que hay una correlación alta en ambas variables pues se obtuvo un coeficiente de correlación igual a 0,990.

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coefficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	18,640	,415		44,919	,000
	Porcentaje_Agregado	-1,280	,130	-,990	-9,875	,010

a. Variable dependiente: Porcentaje_Vacio_Maximo

Se puede evidenciar que el nivel de significancia confiable porque es 0,000 lo que quiere decir que los datos son confiables al aplicar esta herramienta.

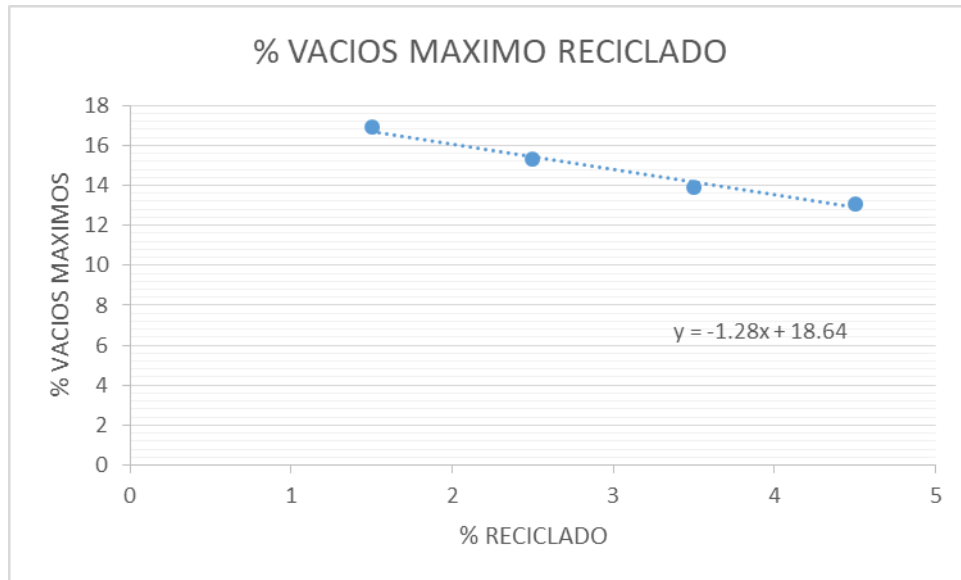


Figura 47 Diagrama de dispersión porcentaje reciclado vs porcentaje de vacío máximo.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en que hay mayor cantidad de material agregado se produce una tendencia de una resistencia menor debido a que hay más vacíos.

Tabla 53 Porcentaje de reciclado VMA

% Reciclado	1.5	2.5	3.5	4.5
% VMA	19.85	20.2	20.7	21.65

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en que aumenta el material reciclado a 4,5% se genera un mayor porcentaje de 21,65% lo que indica se un mayor llenado de los vacíos de mineral agregado lo que lo hace más resistente.

Resumen del modelo ^b				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,968 ^a	,936	,904	,24400

a. Predictores: (Constante), Porcentaje_reciclado

b. Variable dependiente: Porcentaje_VMA

Como se evidencia en la tabla anterior se observa una correlación alta entre ambas variables pues se obtuvo un coeficiente de correlación igual a 0,968

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coefficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	18,824	,349		53,884	,000
	Porcentaje_Agregado	,591	,109	,968	5,416	,032

a. Variable dependiente: Porcentaje_VMA

El nivel de significancia entre las variables es confiable ya que arrojó 0,000

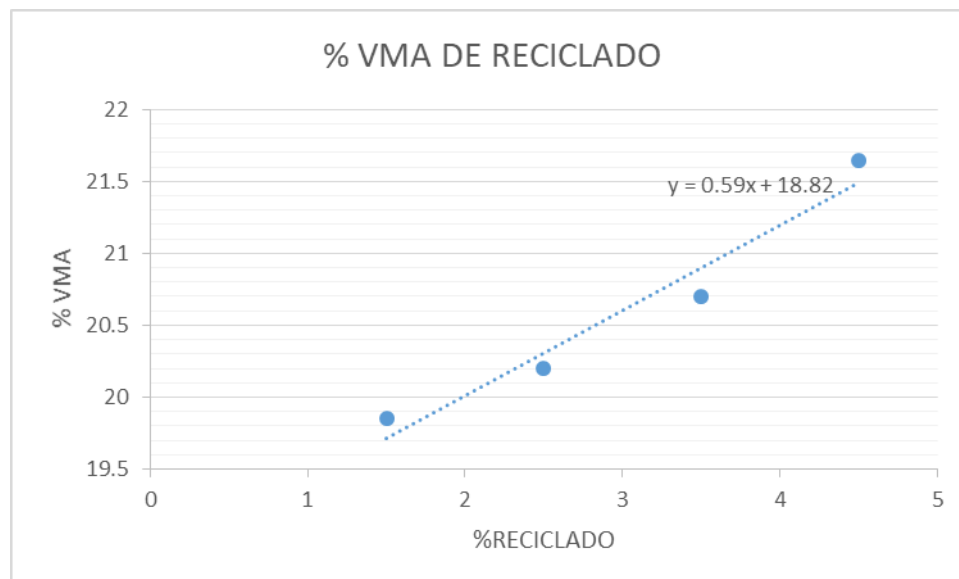


Figura 48 Diagrama de dispersión porcentaje reciclado vs porcentaje de VMA.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tal como se poder evidenciar el comportamiento mejora los vacíos que se pueden alcanzar debido a que hay más materia y se logra menos vacíos aumentando su resistencia.

Tabla 54 Porcentaje de vacíos con PET.

%Polipropileno	0,5	1,0	1,5
% de vacíos	16.1	15.95	15.9

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Es necesario resaltar que cuando se agrega el plástico este permite llenar algunos vacíos que tiene la mezcla asfáltica aumentando su resistencia.

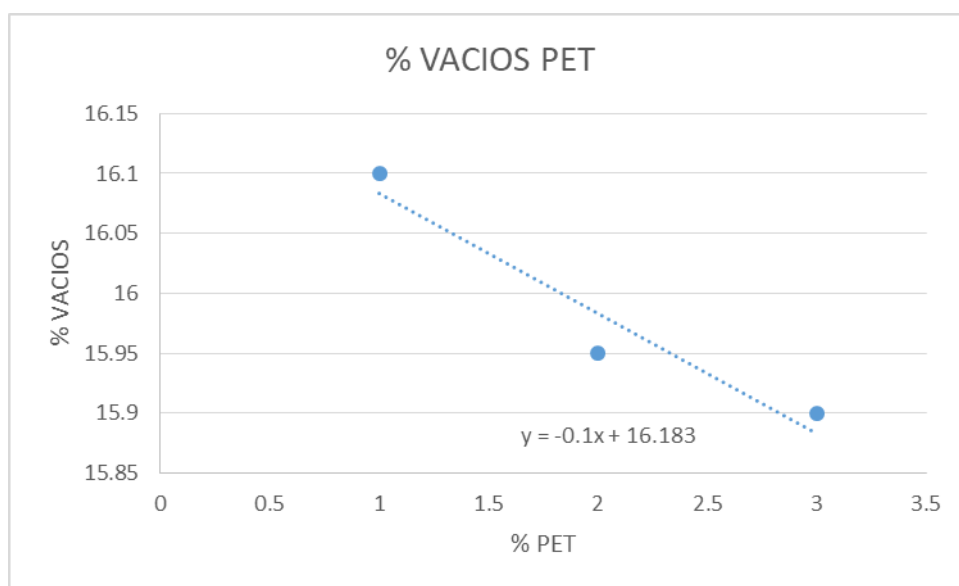


Figura 49 Diagrama de dispersión porcentaje PET vs porcentaje de vacíos.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tal como se poder evidenciar el comportamiento mejora los vacíos que se pueden alcanzar debido a que hay más materia y se logra menos vacíos aumentando su resistencia.

Tabla 55 Porcentaje de vacíos con PET.

%Polipropileno	0.5	1	1.5
% de vacíos máximos	21.9	21.4	21.25

Fuente: Elaboración propia, 2019.

A medida que se le agrega este plástico va disminuyendo los vacíos máximos que puede soportar la mezcla asfáltica permitiendo mayor durabilidad.

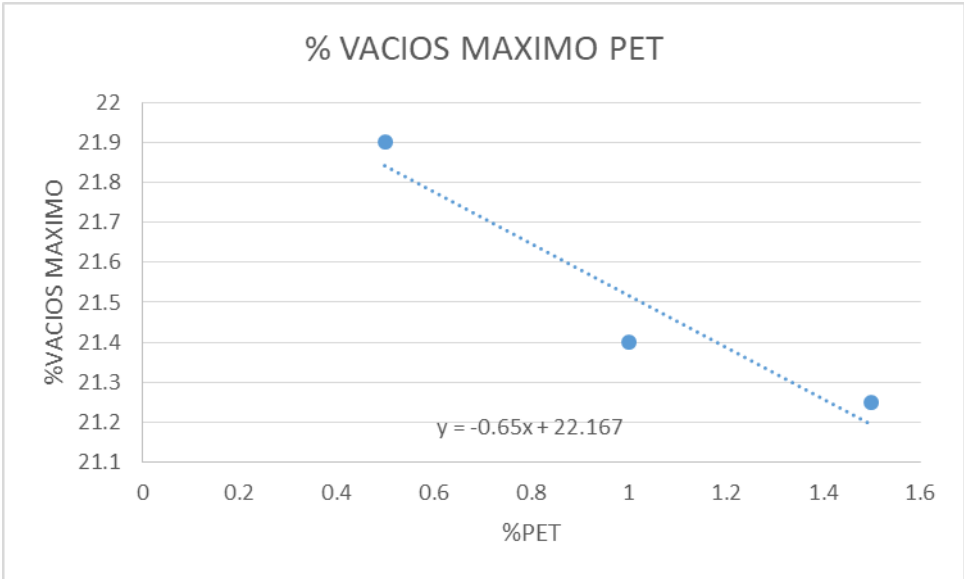


Figura 50 Diagrama de dispersión porcentaje PET vs porcentaje máximos vacíos.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tal como se poder evidenciar el comportamiento mejora los vacíos que se pueden alcanzar debido a que hay más materia y se logra menos vacíos aumentando su resistencia cuando se le agrega este plástico PET.

Tabla 56 Porcentaje de VMA con PET.

% Polipropileno	0.5	1	1.5
% VMA	19.85	20.2	20.7

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la medida en la que aumenta la cantidad de incorporación de plástico PET mayor será su porcentaje lo que indica que se da un mayor llenado de los vacíos de mineral agregado lo que lo hace más resistente

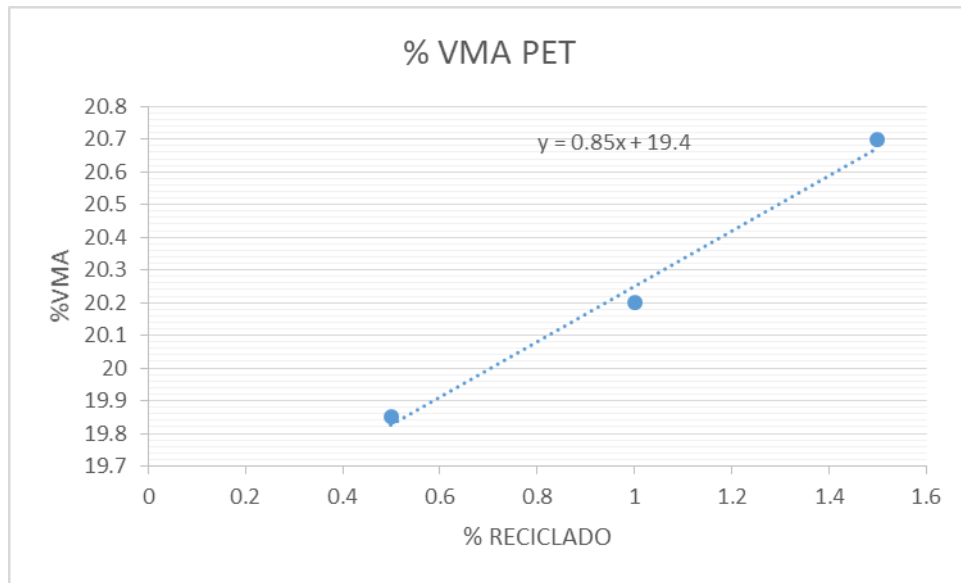


Figura 51 Diagrama de dispersión porcentaje plástico PET vs porcentaje de VMA.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tal como se poder evidenciar el comportamiento mejora los vacíos que se pueden alcanzar debido a que hay más materia y se logra menos vacíos aumentando su resistencia.

Como se observa en la figura anterior, el comportamiento de la estabilidad tienda disminuir en la medida que se produce un aumento en la cantidad de material agregado, lo que permite inferir que da mayor durabilidad en la mezcla asfáltica y convierte al asfalto más estable cuando ocurren pérdidas considerables.

Se acepta la hipótesis específica 3, pues se evidenció que existe una mejora en el porcentaje de vacíos y por ende existe una mejora en la durabilidad del pavimento flexible cuando se agrega pavimento reciclado y PET.

V. DISCUSIÓN

En base a los resultados que se obtuvieron en los experimentos realizados a la mezcla asfáltica con la incorporación de material reciclado y plástico PET, para lograr la optimización de los pavimentos flexibles por medio de las propiedades mecánicas, con el fin de mejorar su durabilidad ante la presencia de factores internos y externos que pueden afectar su vida útil.

Estos resultados aportan a crear nuevos conocimientos en la línea de investigación de ingeniería civil a realizar proyectos innovadores para poder aportar alternativas con el fin de tomar las decisiones pertinentes para desenvolverse en el mercado, y además son un aporte al país pues permitirá la creación de proyectos sostenibles y amigables con el medio ambiente.

La comprobación de las hipótesis se hizo empleando el método de regresión lineal con el propósito de verificar el comportamiento ideal de los parámetros evaluados, en este sentido, se corroboró la hipótesis general aceptándose la misma, ya que se demostró las mezclas de asfalto con agregados de asfalto reciclado y PET mejoran las propiedades mecánicas del pavimento flexible en la Av. Condorcánqui Carabayllo, pues se observó comportamientos favorables que a su vez mejoran las propiedades mecánicas del pavimento flexible, de acuerdo con Modera (2018) el tanto el manejo como la reacción de un modificador junto al asfalto, se convierten en un punto positivo de los resultados que se logran obtener en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica.

1- El resultado de la trabajabilidad de la mezcla asfáltica se llevó a cabo por medio de la temperatura de dicha mezcla siendo esta de 22.2 °C manteniéndose esta constante y en relación al Polipropileno (PET) (0%,0.5%,1%, 1.5%) el cual es permite garantizar una buena adherencia de este al suelo y además se considera la temperatura de compactación que es necesaria que este alrededor de 120°C para lograr una buena trabajabilidad a la hora de obtener una óptima compactación. Con respecto al porcentaje de reciclado es de 4.5% se tiene mayor porcentaje de mezcla es decir de 4.5% con respecto al polipropileno (PET) de los agregados y 3.6% de

reciclado lo que quiere decir a medida que aumenta el porcentaje la mezcla mejora y aumenta su trabajabilidad debido a que hay mayor volumen. Según López (2020), evidenció, que la adición de PET no afectó la trabajabilidad y la homogeneidad que existe entre el material cementante y los agregados, por lo que se puede disminuir en 0.5% la cantidad de asfalto al incorporar 2% de PET, pues cumple los requisitos establecidos en la norma.

2- Con respecto al resultado de la resistencia de acuerdo a los resultados obtenidos donde se presenta el porcentaje de reciclado se alcanza mayor estabilidad seca al estar la misma en un porcentaje de reciclado de 2.5% logrando una estabilidad corregida seca de 774 kgf, es decir que es mejor la estabilidad en la parte seca del pavimento para hacerlo más duradero. Es necesario mencionar que el porcentaje de reciclado es de 2,5% alcanzando 651.5 kgf este parámetro es importante estudiarlo porque debido a esto se puede obtener mejoras en la resistencia del mismo pesto que este representa la capacidad para la resistencia a deformaciones, a media que aumenta el porcentaje de reciclado a 4,5% lo que quiere decir que es menor la deformación aportando cualidades a la mezcla asfáltica en relación a la resistencia puesto que alcanzó un flujo de 7,35 mm. De acuerdo a Ullauri, Friend y Barzola, (2018) el PET como material reciclado posee un costo bajo costo para ser obtenido y dada sus propiedades mecánicas resistentes, se pueden emplearen distintas aplicaciones en el área de la construcción.

3- Los resultados evidenciaron también que existe un amento en la estabilidad cuando se agrega 1,5% de PET siendo la mayor estabilidad alcanzada de 822 kgf , lo permitiendo de esta manera tener una resistencia mayor a las deformaciones causadas por el peso. Por consiguiente se toma en cuenta el contenido de humedad se logra en 6,6 mm para conocer es la resistencia inducida por media de la humedad del ambiente. Cuando se presenta una cantidad de agua va disminuyen hasta 6,55 kg que puede soportar lo cual permite mayor resistente siendo un factor que incide positivamente en la vida útil del asfalto. A medida que aumente el polímero disminuye los vacíos a 15,9 % ya que el mismo permite llenar los vacíos con dicho polímero. En este sentido, a medida que se produce un aumento en las proporciones

de PET 1,5% se observó una disminución de los vacíos máximos a 21,25% que la mezcla asfáltica puede ser sustituidos por estas moléculas. Para Canta y Vivas (2018), la incorporación de 1% de elastómeros y PET logró alcanzar un porcentaje de vacíos igual a 5.76%.

- La hipótesis específica 1 se acepta pues se evidenció una mejora de la trabajabilidad, ya que al incorporarse asfalto reciclado y PET se logra un aumento en la trabajabilidad del pavimento flexible. Para López (2020), la adición de PET mantiene la trabajabilidad y la homogeneidad que existe entre el material cementante y los agregados cumpliendo los requisitos establecidos en la norma.

- La hipótesis específica 2 se acepta, pues se evidenció una mejora en la durabilidad del pavimento flexible cuando se incorpora a la mezcla asfáltica asfalto reciclado y PET. Ullauri, Friend, y Barzola, (2018), señalaron que los resultados que obtuvieron en el mortero asfáltico con la incorporación de caucho muestra una mejor resistencia a la deformación que el mortero asfáltico con incorporación de PET, por lo que se pudo predecir por analogía dicho resultado, esto debido a que el caucho presenta mejores propiedades mecánicas en relación al PET.

- La hipótesis específica 3 se acepta, pues se evidenció mezclas asfálticas con la incorporación de asfalto reciclado y PET se logran obtener mejora en el porcentaje de vacíos. Para Canta y Vivas (2018), la incorporación de 1% de elastómeros y PET logró alcanzar un porcentaje de vacíos igual a 5.76%.

- En relación a la cantidad de minerales en un 21,65% demostró que aumenta la durabilidad del asfalto flexible, en este sentido, se demostró la importancia de que es importante realizar mejoras en la mezcla asfáltica con la incorporación de asfalto reciclado y PET, puesto que se evidenció mejoras en las propiedades mecánicas, por lo tanto, la proporción recomendada es 2,5% de asfalto reciclado y 1,5% PET, pues garantiza mayor durabilidad.

VI. CONCLUSIONES.

Una vez efectuados los ensayos correspondientes se logró determinar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica con incorporación de asfalto reciclado y PET, concluyendo:

En la medida que hay un aumento en el porcentaje del material reciclado (1,5%;2.5%;3.5%;4.5%) y de PET (0%;0.5%;1%,1.5%) se obtiene un aumento de la trabajabilidad, del porcentaje de vacíos e incluso el flujo, ya que dichos agregados permiten aportar por medio de su estructura molecular una mayor resistencia, por lo tanto, se recomienda emplear dichos componentes en la confección de mezclas asfáltica ya que garantiza un aumento en su vida útil.

1. Se determinó la mejora de la trabajabilidad logrado de utilizar esta mezcla asfáltica con 2,5 de reciclado y 1,5% de polipropileno es decir plástico PET, ya que a estas concentraciones se obtienen mejores valores en relación a la elasticidad de las propiedades mecánicas.

2. Se determino la mejora de la resistencia de esta mezcla asfáltica con la incorporación de material reciclado que es el 2.5% con una estabilidad optima corregida de 774 kg; estos alcanza un flujo de 7,35 mm estabilidad e incluso el flujo con la adición de reciclado de carpeta asfáltica y PET, contribuyendo a aumentar la capacidad de esta mezcla asfáltica a resistir los factores externos e internos que ocasionan el deterioro de los pavimentos .

3. Se determinó la mejora del porcentaje a vacíos se puede inferir que a medida que aumente el polímero disminuye los vacíos a 15,9 % puesto que este llena los vacíos con dicho polímero, por lo tanto, en la medida en que hay un aumentado en las proporciones de PET (1,5%) se logró una disminución de los vacíos máximos en 21,25% evidenciándose que la mezcla asfáltica puede ser sustituidos por estas moléculas. Es necesario resaltar que estudiar los porcentajes de vacíos los cuales disminuyen cuando se le agrega el reciclado de la carpeta asfáltica y PET, aumentando en este sentido la capacidad del asfalto a la fisura contribuyendo se esta manera a obtener mejoras en la duración de los pavimentos flexibles.

VII. RECOMENDACIONES.

- Efectuar un estudio con mayor nivel de profundidad con el fin de conocer más a fondo como está representada las variables cuando varían sus propiedades de envejecimiento con la adición de reciclado y PET.
- Estudiar el comportamiento de mezclas asfálticas con la incorporación de otros componentes con el fin de poder establecer una relación los mismos y de esta manera probar las variaciones entre rangos que se acerquen al 0.5%, y a su vez logrando reducir el rango de iteración en +/- 0.1% del valor.
- Realizar ensayos especiales para estudiar la variación de las propiedades mecánicas para lograr obtener mejores resultados con los mismos. De esta manera se podrá reducir el volumen de aire dentro de la mezcla asfáltica al adicionarse dicho polímero, para ello se recomienda utilizar un material filer activo, el cual permitirá que se cierren los vacíos de aire y a su vez se dé una adherencia con los otros materiales.
- Analizar el estudio a través del comportamiento de materiales alternativos frente a la sollicitación de cargas estáticas y dinámicas con la incorporación de otros materiales como lo es el caucho, la polisombra (bolsa) entre otros y de esta manera realizar comparaciones en las variaciones de las propiedades de envejecimiento con dichos materiales no convencionales.

REFERENCIAS

- ACUÑA X Evaluación de las condiciones de temperatura, tiempo, porcentaje de polímero, agregado en la modificación de asfalto con plástico reciclado proveniente de envases agroquímicos con base en grado de desempeño, reología y propiedades fisicoquímicas. san José de costa rica. (tesis de grado).universidad de costa rica. 2018..Disponible en:
<Http://Repositorio.Sibdi.Ucr.Ac.Cr:8080/Jspui/Bitstream/123456789/5687/1/42397.Pdf>
- AFECHKAR M. (2017).Reutilización de escorias de acerías eléctrica en parte vial en Marrueco. Routes-Roads; 3174, 43-46.Recuperado de:
<https://www.piarc.org/ressources/publications/9/27199,Revista-Routes-Roads-374-Articulos-pp43-46.pdf>.
- BALLENA C (2016). Botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío. Perú. (Tesis de grado).Universidad Señor de Spain. Recuperado de:
<http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/2256/TESIS%20%20DISE%C3%91O%20DE%20UNA%20MEZCLA%20ASF%C3%81LTICA%20EN%20FRIO%20CON%20POLIETILENO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- BERRÍO A.(2017).Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo.(tesis de maestría). Citado el 19 de Abril del 2019. Recuperado de:
<http://bdigital.unal.edu.co/63583/1/1128439758.2017.pdf>.
- CANTA, Franklin y VIVAS, Katherine (2018). Diseño de mezclas asfálticas adicionando elastómeros y PET reciclado para cargas de tránsito pesado en vías metropolitanas,

Lima 2018. (Tesis de Pregrado) Universidad César Vallejo. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34380>

CORBACHO J (2018). 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.Cusco- Perú. (Tesis de pregrado). Universidad nacional de SAN Antonio Abad del Cusco. Recuperado de: file:///C:/Users/Equipo%20Nro%2002/Downloads/253T20190016_TC.pdf.

FERNANDEZ, Wilmar; RONDON, Hugo y REYES, Fredy. Effects Of Aging By Uv Radiation On Chemical And Rheological Properties Of Asphalt Cements Extracted From Two Hot Mixed Asphalts. Rev. Ion [Online]. 2017, Vol.30, N.2 [Citado 2019-06-27], Pp.7-16. Disponible En: Http://Www.Scielo.Org.Co/SciELO.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S0120-100x2017000200007&Lng=Es&Nrm=lso.

FIDIAS, Arias. El Proyecto de investigación. 6ta. Ed. Caracas – República Bolivariana de Venezuela: Episteme, 2012. 143 pp.

GARGATE, Felipe y HUAMANI, Jheyson (2018). Análisis comparativo de mezclas asfálticas con polímeros y tradicional para optimizar propiedades mecánicas en pavimento flexible - Lima, 2018. (Tesis de Pregrado), Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34891>

GALVÁN L (2015) Criterios de análisis y diseño de una mezcla asfáltica en frío con pavimento reciclado y emulsión asfáltica. Lima- Perú. (Tesis de grado). Universidad nacional de ingeniería. Recuperado de: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/4384/1/galvan_hl.pdf

GARCÍA A (2014). Análisis del ciclo de vida de mezclas bituminosas semicalientes con árido reciclado. Colombia. (Tesis de grado). Universidad de Cantabria. Recuperado de:

<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/5617/Garc%C3%ADa%20Casero%20Andres.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Roberto Y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. México D.F: McGraw-Hill, 2014. 600 pp

LÓPEZ M.G, PÉREZ A, GARNICA P. (2014). Estado del arte sobre el uso de residuos y sub-productos industriales en la construcción de carreteras. Instituto Mexicano de transporte. Recuperado de:
<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt394.pdf>

LÓPEZ W, RONDÓN H Y BARRERO J (2015). Evaluación de las propiedades reológicas y térmicas de un asfalto convencional y uno modificado con un desecho de PEBD. Revista de Ingeniería. 21(1) 7–18. Recuperado de:
<http://www.scielo.org.co/pdf/inge/v21n1/v21n1a01.pdf>

LÓPEZ, Juan (2020). Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros provenientes de botellas PET recicladas. (Tesis de Pregrado) Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado de:
<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/38661>

MODERA E (2018). Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica densa en caliente con adición de polipropileno. Bogotá. (Tesis de grado). Universidad católica de Colombia. Recuperado de:
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16379/1/Trabajo%20de%20Grado.pdf>

NORMA DE MINISTERIO TRANSPORTE Y COMUNICACIONES (MTC) 2016. Recuperado de:
http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

PEÑA, José Luis; CRUZADO, David ALMAZÁN. Reciclado in situ en frío con emulsión: panorámica de la técnica. Carreteras: Revista técnica de la Asociación Española de la

Carretera. , [online]. 2007, no 155, [citado 2019-06-27] pp. 154-164. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2393120>

PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE PITRA (2013). Análisis de la calidad del material, de préstamo, subbase y base estabilizada. Recuperado de: <https://www.conavi.go.cr/wps/wcm/connect/4c345c2d-714c-4852-84e6-3aefb8d934df/LM-PI-AT-047B-13.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=4c345c2d-714c-4852-84e6-3aefb8d934df>

PUELLO J, AFANASJEVA N Y ÁLVAREZ M (2013). Correlaciones estadísticas para la estimación de propiedades reológicas de asfaltos en estado original y envejecido. Revista *Revion*.26(1): 73-84. Recuperado de: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaion/article/view/3509/3627>

QUINTERO, Geraldyn y BOHÓRQUEZ, Edwin (2020) Aporte estructural de mezcla asfáltica en caliente con inclusión de plástico PET por vía seca a estructuras de pavimento flexible para vías de bajo tráfico según especificaciones INVIAS. (Tesis de Pregrado) Universidad Católica de Colombia. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/25824>

ROMERO P, HUERTAS G, Juan CAZAR J (2015). Diseño y evaluación de mezclas asfálticas en calientes características de pavimentos flexibles o bituminosos con la adición de tereftalato de polietileno como material constitutivo. Revista CIENCIA. 17(1); 11-20. Recuperado de: <file:///C:/Users/Equipo%20Nro%2002/Downloads/508-1411-1-PB.pdf>

SILVESTRE D (2017). Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de lima-2017.Lima. (Tesis de grado). Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1506/Silvestre_VDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y

TAMAYO Y Tamayo, Mario. EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. EDITORIAL LIMUSA S.A. México.1997. p- 114.

ULLAURI, Aquiles; FRIEND, Nella y BARZOLA, Julio. Análisis Físico-Mecánico De Morteros Asfálticos Compuestos A Partir De Materiales Reciclados. Universidad Y Sociedad [Online]. 2018, Vol.10, N.1 [Citado 2019-06-27], Pp.245-254. Disponible En: <[Http://Scielo.Sld.Cu/Scielo.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S2218-36202018000100245&Lng=Es&Nrm=Iso](http://Scielo.Sld.Cu/Scielo.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S2218-36202018000100245&Lng=Es&Nrm=Iso)>.

VAL M (2009). Asphalt mixes incorporating waste as established by the Spanish Integrated Waste Plan. Revista de Obras Públicas. 3.504 (156); 7-22. Recuperado de: http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2009/2009_noviembre_3504_01.pdf

VARGAS, Edgar Iván guio; ABRIL, Héctor Mauricio SÁNCHEZ. Mezclas asfálticas recicladas y su uso en capas granulares para pavimentos. Revista Colombiana de Materiales, [online]. 2014, n 5, [citado 2019-06-27] pp. 382-388 Disponible en: <http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/materiales/article/view/19627/16684>

VILLEGAS R, AGUIAR J, LORIA L (2017). Hot mix asphalt design with waste materials. Revista Científico Tecnológica Departamento Ingeniería de Obras Civiles RIOCR 08, (1); 7-18. Recuperado de: <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1022/Revista%20de%20Ingenier%C3%ADa%20de%20Obras%20Civiles%20de%20la%20Universidad%20de%20La%20Frontera.pdf?sequence=1>

YANGALI (2015). Influencia del uso de la carpeta asfáltica reciclada en las propiedades físico-mecánicas de diseño, para rehabilitación de pavimento flexible. Huancayo- Perú. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Perú. Recuperado de: http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/406/TCIV_16.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Problema principal	Objetivo Principal	Hipótesis General	Variable Independiente		
¿De qué manera se mejoran las propiedades mecánicas del pavimento flexible con el uso de mezcla de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabaylo, 2019?	Evaluar la mejora de las propiedades mecánicas del pavimento flexible, con el uso de mezcla de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabaylo.2019	Las mezclas de asfalto reciclado y polietileno (PET) mejora las propiedades mecánicas del pavimento flexible en la Av. Condorcánqui Carabaylo, 2019.	Mezcla de asfalto reciclado y polietileno (PET).	Consistencia	- Penetración - Punto de ablandamiento - Viscosidad
				Elasticidad	- Ductilidad a 25°C -Recuperación elástica 25°C -Recuperación elástica 5°C
				Volatibilidad	-Perdida por calentamiento -Penetración Ductilidad
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Variable Dependiente	Trabajabilidad	-Temperatura de mezcla -Temperatura de compactación -Contenido de asfalto
-¿De qué manera se mejora la Trabajabilidad del pavimento flexible con el uso de mezcla de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabaylo?	-Determinar la mejora de la trabajabilidad del pavimento flexible con la incorporación de asfalto reciclado y polietileno (PET).	-Las mezclas de asfalto reciclado y polietileno (PET) mejora la trabajabilidad del pavimento flexible en la Av. Condorcánqui Carabaylo, 2019.	Propiedades mecánicas del pavimento flexible.		
-¿De qué manera se mejora la	-Determinar la mejora de la resistencia del pavimento flexible	-Las mezclas de asfalto reciclado y polietileno (PET) mejora la			

<p>resistencia del pavimento flexible con el uso de mezcla de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabayllo?</p> <p>-¿De qué manera se mejora el porcentaje de vacíos del pavimento flexible con el uso de mezcla de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabayllo?</p>	<p>con la incorporación de asfalto reciclado y polietileno (PET).</p> <p>-Determinar la mejora del porcentaje de vacíos del pavimento flexible con la incorporación de asfalto reciclado y polietileno (PET).</p>	<p>resistencia del pavimento flexible en la Av. Condorcánqui Carabayllo, 2019.</p> <p>-Las mezclas de asfalto reciclado y polietileno (PET) mejora el porcentaje de vacíos del pavimento flexible en la Av. Condorcánqui Carabayllo, 2019.</p>		<p>Porcentaje de Vacíos</p>	<p>-Vacíos llenos con cemento asfáltico -Vacíos del agregado mineral</p>
---	---	--	--	-----------------------------	--

Título: Propiedades mecánicas del pavimento flexible con incorporación de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabayllo 2019.

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Anexo 2: *Ficha de recolección de datos dimensión consistencia.*

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS		
PROYECTO	Propiedades mecánicas del pavimento flexible con incorporación de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabaylo. 2019	
DIMENSIÓN	CONSISTENCIA	
ENSAYO	NORMA	RESULTADO
PENETRACION	MTC E 304	
PUNTO DE INFLAMACIÓN	MTC E 312	
VISCOSIDAD	ASTM D-2170	

Anexo 3: *Ficha de recolección de datos dimensión elasticidad.*

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS		
PROYECTO	Propiedades mecánicas del pavimento flexible con incorporación de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabaylo, 2019	
DIMENSIÓN	ELASTICIDAD	
ENSAYO	NORMA	RESULTADO
DUCTIBILIDAD	MTC E 306	
RECUPERACIÓN ELASTICA 25°	ASTM D-6084	
RECUPERACIÓN ELASTICA 5°	ASTM D-6084	

Anexo 4: *Ficha de recolección de datos dimensión volatilidad.*

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS		
PROYECTO	Propiedades mecánicas del pavimento flexible con incorporación de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabaylo. 2019	
DIMENSIÓN	VOLATIBILIDAD	
ENSAYO	NORMA	RESULTADO
PERDIDA POR CALENTAMIENTO	ASTM D-1754	
PENETRACIÓN	MTC E 304	
DUCTIBILIDAD	MTC E 306	

Anexo 5: Ficha de recolección de datos dimensión trabajabilidad

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS	
PROYECTO	Propiedades mecánicas del pavimento flexible con incorporación de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabaylo, 2019
DIMENSIÓN	TRABAJABILIDAD
ENSAYO	RESULTADO
TEMPERATURA DE LA MEZCLA	
TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN	
CANTIDAD DE ASFALTO	

Anexo 6: Ficha de recolección de datos dimensiones resistencia y vacíos.

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS		
PROYECTO	Propiedades mecánicas del pavimento flexible con incorporación de asfalto reciclado y polietileno (PET) en la Av. Condorcánqui Carabaylo, 2019	
DIMENSIÓN	RESISTENCIA - VACIOS	
ENSAYO MARSHALL (ASTM D 1559 – MTC E 504)		RESULTADO
Agregado Grueso en peso de la mezcla	%	
Agregado Fino 01 en peso de la mezcla	%	
Agregado Fino 02 en peso de la mezcla	%	
Altura Promedio	(mm)	
Peso específico bulk del Especimen	(g / cm ³)	
Vacíos	%	
VMA	%	
Vacios Llenados con C.A.	%	
Flujo	(mm)	
Estabilidad Corregida	(Kg)	

Anexo 7: Máquina de ensayo de estabilidad.



Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Anexo 8: *Maquina de ensayo de estabilidad.*



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Anexo 9 Muestras ensayadas.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Anexo 10 Muestras marcadas para ser ensayadas.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Anexo 11 Maquina de ensayo.

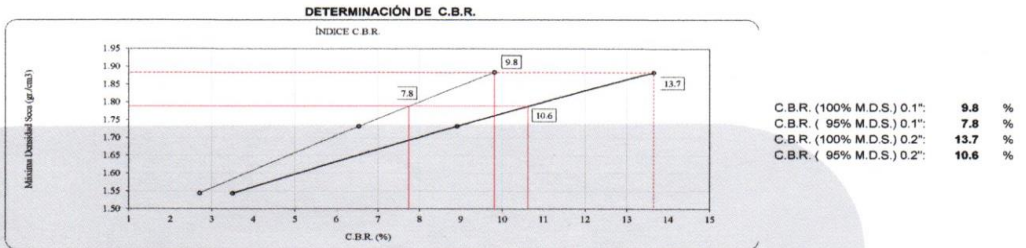
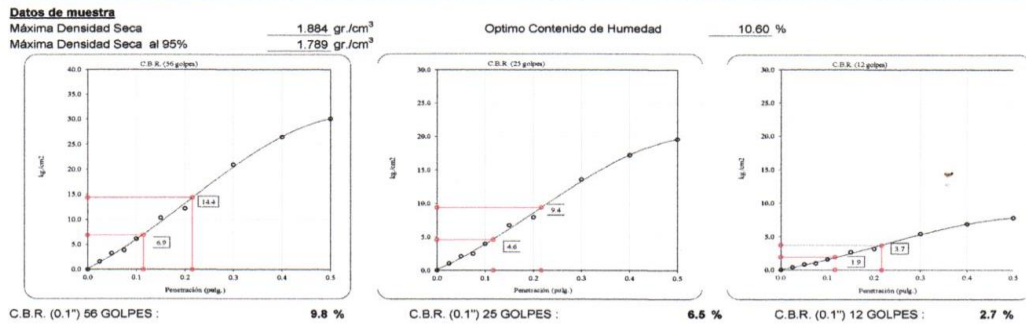


Fuente: Elaboración propia, 2019.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2018

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Datos de laboratorio	
SOLICITANTE	: FRANKLIN HERRERA GARCIA	
PROYECTO	: PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON INCORPORACIÓN DE ASFALTO RECICLADO Y POLIETILENO (PET) EN LA Av. CONDORCÁNQUI CARABAYLLO, 2019	
UBICACIÓN	: Av. CONDORCÁNQUI, DISTRITO DE CARABAYLLO - LIMA.	Fecha de ensayo: 07/10/2019
CALICATA	: C-1	
MUESTRA	: M-1	
PROFUNDIDAD	: 0.08-1.50 m	



OBSERVACIONES:
* Muestra provista e identificada por el solicitante.
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP. 115803 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	28/06/2018

**INFORME DE ENSAYO N° 001
DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO RECICLADO (RAP), ADICIONANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE POLIPROPILENO
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO**

SOLICITANTE : FRANKLIN HERRERA GARCIA
PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON INCORPORACIÓN DE ASFALTO RECICLADO Y POLIETILENO (PET) EN LA Av. CONDORCANQUI CARABAYLLO, 2019
UBICACIÓN : Av. CONDORCANQUI, DISTRITO DE CARABAYLLO - LIMA
REFERENCIA : MEZCLA DENSA EN FRIO

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP)	%	100.0	100.0	100.0	100.0
Polipropileno	%	0.0	0.5	1.0	1.5
Gradación		: ESPECIFICACION TECNICA MTC "EG - 2013" : PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN FRIO (SECCION 424)			

2.- LIGANTE ASFALTICO

Tipo de emulsión asfáltica : CSS-1H
% óptimo de emulsión asfáltica : 6.0
% óptimo de asfalto residual : 3.6

3.- AGUA

% de humedad natural : 0.5
% de agua en la emulsión : 2.4
% de agua de pre- mezcla : 1.0
% de agua total en la mezcla : 3.9
% de agua de compactación : 2.5

4.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO




N° DE GOLPES	75			
% POLIPROPILENO	0.0	0.5	1.0	1.5
% DE EMULSION ASFALTICA (% EN PESO DE LOS AGREGADOS)	6.0	6.0	6.0	6.0
ASFALTO RESIDUAL (% EN PESO DE LOS AGREGADOS)	3.6	3.6	3.6	3.6
DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³)	2.073	1.815	1.827	1.831
ESTABILIDAD MODIFICADA SECA (kg), (22.2 °C)	747.9	569.6	655.7	822.0
VACÍOS TOTALES (%)	14.5	22.0	21.4	21.3
REVESTIMIENTO (%)	90.0			

4.- TEMPERATURA DE APLICACION (°C)

Temperatura de agregados : 22.2 °C
Temperatura de emulsión asfáltica : 22.2 °C

OBSERVACIONES :

- (1) Estabilidad Marshall ensayadas a una temperatura de 22.2 °C (Ref. Manual asphalt institute MS-14).
- (2) Agregados muestreado por los interesados.
- (3) Porcentajes de materiales expresado en peso de los agregados.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Anexo 14 Reportes de ensayos con diferentes proporciones de 0,5 %polímero

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO	Código	FOR-LSR-MS-003
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	28/06/2018

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : FRANKLIN HERRERA GARCIA
PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON INCORPORACIÓN DE ASFALTO RECICLADO Y POLIETILENO (PET) EN LA Av. CONDORCÁNQUI CARABAYLLO, 2019
UBICACIÓN : Av. CONDORCÁNQUI, DISTRITO DE CARABAYLLO - LIMA.
REFERENCIA : MEZCLA DENSA EN FRIO

**INFORME DE ENSAYO N° 001
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO (NUCLEOS CON 0.5 % P)
(HOJA DE CÁLCULO)**

EMULSIÓN		AGREGADO			
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP)		
Poliéstereno (%)	0.5	Descripción	Fresado		
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	60.0		para Mezcla en Frío		
Gravedad específica del asfalto (B)	1.01				
Asfalto residual en la mezcla (A) (%)	3.6	G. Es. Aparente (C)	2.440 g/cm ³		

MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Agua total en la mezcla (%)	3.9
Agua de adición a la mezcla (g)	
Agua de compactación (%)	2.5

DESCRIPCIÓN	SECO		SATURADO		
	1	2	4	5	6
N° DENSIDAD BULK					
1. Peso de la probeta en aire (D)	1103.0	1123.0			
2. Peso de la probeta en agua (E)	522.0	545.0			
3. Peso de la probeta SSD (F)	1116.0	1140.0			
4. Volumen por desplazamiento	587.0	601.0			
5. Densidad Bulk (G)	1.879	1.869			
6. Densidad Seca Bulk	1.823	1.807	1.815		
N° Estabilidad (22.2 °C)					
1. Estabilidad (Kg-ft)	678	757			
2. Factor de corrección	0.81	0.78			
3. Estabilidad corregida (Kg-ft)	549	590			
4. Flujó (mm)	3.8	3.8			
N° Contenido de humedad					
1. Peso de la muestra húmeda (H)	1119.0	1146.0			
2. Peso de la muestra seca (I)	1089.9	1086.3			
3. Tara (J)					
4. Contenido de humedad (K)	3.2	3.5			
5. Humedad absorbida					
N° Características					
1. Míximo total de vacíos (%)	21.6	22.3			
2. vacíos de aire (%)	16.0	16.2			
3. V. M. A. (%)	27.9	28.5			
4. % pérdida de estabilidad					

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 INGENIERO CIVIL YESENIA CUBA BARRAZA CIP. 115803 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Anexo 15 Reportes de ensayos con diferentes proporciones de 1,0 %polímero

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO	Código	FOR-LSR-MS-003
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	28/06/2018

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : FRANKLIN HERRERA GARCIA
PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON INCORPORACIÓN DE ASFALTO RECICLADO Y POLIETILENO (PET) EN LA Av. CONDORCÁNQUI CARABAYLLO, 2019
UBICACIÓN : Av. CONDORCÁNQUI, DISTRITO DE CARABAYLLO - LIMA.
REFERENCIA : MEZCLA DENSA EN FRIO

INFORME DE ENSAYO N° 001
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO (NUCLEOS CON 1.0 % P)
(HOJA DE CÁLCULO)

EMULSIÓN		AGREGADO	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP)
Pulgrolleón (%)	1.0	Descripción	Fresado
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	60.0		para Mezcla en Frío
Gravedad específica del asfalto (B)	1.01		
Asfalto residual en la mezcla (A) (%)	3.6	G. Es. Aparente (C)	2.440 g/cm ³



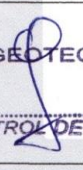
MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Agua total en la mezcla (%)	3.9
Agua de adición a la mezcla (g)	
Agua de compactación (%)	2.5

DESCRIPCIÓN	SECO		SATURADO		
	1	2	4	5	6
N° DENSIDAD BULK					
1 Peso de la probeta en aire (D)	1143.0	1129.0			
2 Peso de la probeta en agua (E)	951.0	935.0			
3 Peso de la probeta SSD (F)	1153.0	1139.0			
4 Volumen por desplazamiento	602.0	604.0			
5 Densidad Bulk (G)	1.897	1.898			
6 Densidad Secca Bulk	1.841	1.813	1.827		

N° Estabilidad (22.2 °C)	
1 Estabilidad (Kg-f)	845
2 Factor de corrección	0.78
3 Estabilidad corregida (Kg-f)	659
4 Flujo (mm)	4.6

N° Contenido de humedad	
1 Peso de la muestra húmeda (H)	1153.0
2 Peso de la muestra seca (I)	1106.4
3 Tara (J)	
4 Contenido de humedad (K)	3.1
5 Humedad absorbida	

N° Características	
1 Máximo total de vacíos (%)	20.8
2 vacíos de aire (%)	15.3
3 V. M. A. (%)	27.2
4 % pérdida de estabilidad	28.3

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Anexo 16 Reportes de ensayos con diferentes proporciones de 1,5 %polímero

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO	Código	FOR-LSR-MS-003
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	28/06/2018

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : FRANKLIN HERRERA GARCIA
PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON INCORPORACIÓN DE ASFALTO RECICLADO Y POLIETILENO (PET) EN LA Av. CONCORDANCIA CARABAYLLO, 2019
UBICACIÓN : Av. CONCORDANCIA, DISTRITO DE CARABAYLLO - LIMA.
REFERENCIA : MEZCLA DENSA EN FRIO

**INFORME DE ENSAYO N° 001
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO (NUCLEOS CON 1.5 % P)
(HOJA DE CÁLCULO)**

EMULSIÓN		AGREGADO	
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP)
Pulverímetro (%)	1.5	Descripción	Fresado
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	60.0		para Mezcla en Frío
Gravedad específica del asfalto (B)	1.01		
Asfalto residual en la mezcla (A) (%)	3.6	G. Es. Aparente (C)	2.440 g/cm ³

MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Agua total en la mezcla (%)	3.9
Agua de edición a la mezcla (g)	
Agua de compactación (%)	2.5

DESCRIPCIÓN	SECO		SATURADO		
	1	2	4	5	6
N° DENSIDAD BULK					
1 Peso de la probeta en aire (D)	1109.0	1126.0			
2 Peso de la probeta en agua (E)	937.0	959.0			
3 Peso de la probeta SSD (F)	1134.0	1141.0			
4 Volumen por desplazamiento	597.0	586.0			
5 Densidad Bulk (G)	1.858	1.912	1.831		
6 Densidad Sece Bulk	1.803	1.880			

N° Estabilidad (22.2 °C)	
1 Estabilidad (Kg-f)	1023 / 1007
2 Factor de corrección	0.81 / 0.81
3 Estabilidad corregida (Kg-f)	829 / 815
4 Flujo (mm)	4.9 / 5.0

N° Contenido de humedad	
1 Peso de la muestra húmeda (H)	1134.0 / 1141.0
2 Peso de la muestra seca (I)	1076.4 / 1065.3
3 Tara (J)	
4 Contenido de humedad (K)	3.1 / 2.9
5 Humedad absorbida	

N° Características	
1 Máximo total de vacíos (%)	22.5 / 20.0
2 vacíos de aire (%)	17.0 / 14.8
3 V. M. A. (%)	28.7 / 26.4
4 % pérdida de estabilidad	

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS Y PAVIMENTO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL C.P. 115803 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2019
Anexo 17 Reportes de ensayos con diferentes proporciones de 1,5 % reciclado

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO	Código	FOR-LSR-MS-003
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	28/06/2018

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : FRANKLIN HERRERA GARCIA
PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON INCORPORACIÓN DE ASFALTO RECICLADO Y POLIETILENO (PET) EN LA Av. CONDORCÁNQUI CARABAYLLO, 2019
UBICACIÓN : Av. CONDORCÁNQUI, DISTRITO DE CARABAYLLO - LIMA.
REFERENCIA : MEZCLA DENSA EN FRIO

**INFORME DE ENSAYO N° 001
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
(HOJA DE CÁLCULO)**

EMULSIÓN		AGREGADO			
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP)		
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	60.0	Descripción	Fresado		
Gravedad específica del asfalto (B)	1.01		para Mezcla en Frío		
Asfalto residual en la mezcla (A)(%)	1.5	G. Esp. Aparente (C)	2.440 g/cm ³		




MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Agua total en la mezcla (%)	2.5
Agua de adición a la mezcla (g)	
Agua de compactación (%)	2.5

DESCRIPCIÓN	SECO			SATURADO		
	1	2		4	5	6
N° Densidad Bulk						
1. Peso de la probeta en aire (D)	1120.4	1121.1		1120.1	1120.8	
2. Peso de la probeta en agua (E)	996.4	995.0		824.0	823.1	
3. Peso de la probeta SSD (F)	1138.3	1136.4		1170.3	1171.4	
4. Volumen por desplazamiento	541.9	541.4		546.3	546.3	
5. Densidad Bulk (G)	2.068	2.071		2.050	2.050	
6. Densidad Seca Bulk	1.985	1.986	1.985			

N° Estabilidad (22.2 °C)	
1. Estabilidad (Kg-f)	725
2. Factor de corrección	0.93
3. Estabilidad corregida (Kg-f)	674
4. Flujo (mm)	3.8

N° Contenido de Humedad	
1. Peso de la muestra húmeda (H)	1138.3
2. Peso de la muestra seca (I)	1075.4
3. Tara (J)	
4. Contenido de humedad (K)	4.2
5. Humedad absorbida	

N° Características	
1. Máximo total de vacíos (%)	16.9
2. Vacíos de aire (%)	8.6
3. V. M. A. (%)	19.9
4. % pérdida de estabilidad	18.1

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Fuente: Elaboración propia, 2019.
Anexo 18 Reportes de ensayos con diferentes proporciones de 2,5 % reciclado




LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO	Código	FOR-LSR-MS-003
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	28/06/2018

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	: FRANKLIN HERRERA GARCIA
PROYECTO	: PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON INCORPORACIÓN DE ASFALTO RECICLADO Y POLIETILENO (PET) EN LA AV. CONDORCÁNQUI CARABAYLLO, 2019
UBICACIÓN	: AV. CONDORCÁNQUI, DISTRITO DE CARABAYLLO - LIMA.
REFERENCIA	: MEZCLA DENSA EN FRIO

**INFORME DE ENSAYO N° 001
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
(HOJA DE CÁLCULO)**

EMULSIÓN		AGREGADO			
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	Pavimento Asfáltico Reciclado (PAR)		
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	60.0	Descripción	Prensado		
Gravedad específica del asfalto (B)	1.01		para Mezcla en Frío		
Asfalto residual en la mezcla (A) (%)	2.5	G. Es. Aparente (C)	2.440 g/cm ³		
MEZCLA Y COMPACTACIÓN					
Agua total en la mezcla (%)	3.2				
Agua de adición a la mezcla (g)					
Agua de compactación (%)	2.5				
DESCRIPCIÓN					
N°	DESCRIPCIÓN	SECO		SATURADO	
1	Peso de la probeta en aire (D)	1135.3	1137.1	1135.0	1138.9
2	Peso de la probeta en agua (E)	608.6	610.1	608.0	609.1
3	Peso de la probeta SSD (F)	1156.0	1157.7	1161.4	1163.1
4	Volumen por desplazamiento	547.2	547.6	553.4	564.0
5	Densidad Bulk (G)	2.075	2.077	2.051	2.056
6	Densidad Secco Bulk	1.969	1.994	1.997	
N° Estabilidad (22.2 °C)					
1	Estabilidad (Kg-f)	634	667	724	741
2	Factor de corrección	0.89	0.93	0.89	0.89
3	Estabilidad corregida (Kg-f)	742	806	644	659
4	Flujo (mm)	4.3	5.3	6.1	6.6
N° Contenido de humedad					
1	Peso de la muestra húmeda (H)	1156.0	1157.7	1161.4	1163.1
2	Peso de la muestra seca (I)	1094.0	1092.0	1092.3	1091.9
3	Tara (J)				
4	Contenido de humedad (K)	3.9	4.2	10.6	10.9
5	Humedad absorbida				
N° Características					
1	Máximo total de vacíos (%)	15.2	15.4		
2	vacíos de aire (%)	7.7	7.2		
3	V. M. A. (%)	20.1	20.3		
4	No pérdida de estabilidad		15.8		

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Anexo 19 Reportes de ensayos con diferentes proporciones de 3,5 % reciclado

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO	Código	FOR-LSR-MS-003
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	28/06/2018

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : FRANKLIN HERRERA GARCIA
PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON INCORPORACIÓN DE ASFALTO RECICLADO Y POLIETILENO (PET) EN LA Av. CONDORCÁNQUI CARABAYLLO, 2019
UBICACIÓN : Av. CONDORCÁNQUI, DISTRITO DE CARABAYLLO - LIMA.
REFERENCIA : MEZCLA DENSA EN FRIO

INFORME DE ENSAYO N° 001
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
(HOJA DE CÁLCULO)

EMULSIÓN		AGREGADO			
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP)		
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	60.0	Descripción	Fresado		
Gravedad específica del asfalto (B)	1.01		para Mezcla en Frío		
Asfalto residual en la mezcla (A) (%)	3.5	G. Es. Aparente (C)	2.440 g/cm ³		

MEZCLA Y COMPACTACIÓN					
Agua total en la mezcla (%)	3.9				
Agua de adición a la mezcla (g)					
Agua de compactación (%)	2.5				

N°	DESCRIPCIÓN	SECO		SATURADO		
		1	2	4	5	6
1	Peso de la probeta en aire (D)	1142.1	1147.2	1148.1	1141.6	
2	Peso de la probeta en agua (E)	915.5	913.1	905.0	903.9	
3	Peso de la probeta SSD (F)	1198.5	1197.3	1194.4	1192.4	
4	Volumen por desplazamiento	553.0	554.2	556.4	558.5	
5	Densidad Bulk (G)	2.065	2.070	2.040	2.044	
6	Densidad Seca Bulk	2.007	2.002	2.005		

N° Estabilidad (22.2 °C)						
1	Estabilidad (kg-f)	782	790	896	702	
2	Factor de corrección	0.89	0.89	0.89	0.89	
3	Estabilidad corregida (kg-f)	696	706	819	625	
4	Flujo (mm)	6.1	6.4	6.4	6.9	

N° Contenido de humedad						
1	Peso de la muestra húmeda (H)	1198.5	1197.3	1194.4	1192.4	
2	Peso de la muestra seca (I)	1106.9	1109.8	1075.2	1094.6	
3	Tiempo (t)					
4	Contenido de humedad (K)	3.0	3.5	6.6	9.5	
5	Humedad absorbida					

N° Características						
1	Máximo total de vacíos (%)	13.8	14.0			
2	vacíos de aire (%)	8.0	7.2			
3	V. M. A. (%)	20.8	20.8			
4	% pérdida de estabilidad		11.2			

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Anexo 20 Reportes de ensayos con diferentes proporciones de reciclado

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	28/06/2018

INFORME DE ENSAYO N° 001
DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO RECICLADO (RAP) CON EMULSIÓN
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO

SOLICITANTE : FRANKLIN HERRERA GARCIA
PROYECTO : PROPIEDADES MECANICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON INCORPORACIÓN DE ASFALTO RECICLADO Y POLIETILENO (PET) EN LA Av. CONCORDANQUI CARABAYLLO, 2019
UBICACIÓN : Av. CONCORDANQUI, DISTRITO DE CARABAYLLO - LIMA
REFERENCIA : MEZCLA DENSA EN FRIJO

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP) : 100%
Polipropileno : 0%
Gradación : ESPECIFICACION TECNICA MTC "EG - 2013"
: PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN FRIJO (SECCION 424)

2.- LIGANTE ASFALTICO

Tipo de emulsión asfáltica : CSS-1H
% óptimo de emulsión asfáltica : 6.0
% óptimo de asfalto residual : 3.8

3.- AGUA

% de humedad natural : 0.5
% de agua en la emulsión : 2.4
% de agua de pre- mezcla : 1.0
% de agua total en la mezcla : 3.9
% de agua de compactación : 2.5

4.- CARACTERISTICAS MARSHALL MODIFICADO





Nº DE GOLPES			75
% DE EMULSION ASFALTICA (% EN PESO DE LOS AGREGADOS)	5.2	6.0	6.8
ASFALTO RESIDUAL (% EN PESO DE LOS AGREGADOS)	3.1	3.8	4.1
DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³)	2.073	2.087	2.097
ESTABILIDAD MODIFICADA SECA (kg. (22.2 °C))	747.9	715.4	657.8
ESTABILIDAD MODIFICADA HUMEDA (kg. (22.2 °C))	648.8	625.3	576.6
CAMBIOS DE ESTABILIDAD (%)	13.1	12.4	12.3
VALORES TOTALES (%)	14.5	13.9	13.4
HUMEDAD ABSORBIDA (%)	6.2	5.7	5.2
REVESTIMIENTO (%)	--	90.0	--

4.- TEMPERATURA DE APLICACION (°C)

Temperatura de agregados : 22.2 °C
Temperatura de emulsión asfáltica : 22.2 °C

OBSERVACIONES :

- (1) Estabilidad Marshall ensayadas a una temperatura de 22.2 °C (Ref: Manual asphalt institute MS-14).
- (2) Agregados muestreado por los interesados.
- (3) Porcentajes de materiales expresado en peso de los agregados.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 	 MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERA CIVIL CIP. 115803	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Anexo 21 Reportes de ensayos con diferentes proporciones de 4,5 % reciclado

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO	Código	FOR-LSR-MS-003
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	28/06/2018

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : FRANKLIN HERRERA GARCIA
PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON INCORPORACIÓN DE ASFALTO RECICLADO Y POLIETILENO (PET) EN LA Av. CONDORCANQUI CARABAYLLO, 2019
UBICACIÓN : Av. CONDORCANQUI, DISTRITO DE CARABAYLLO - LIMA
REFERENCIA : MEZCLA DENSA EN FRIO

**INFORME DE ENSAYO N° 001
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
(HOJA DE CÁLCULO)**

EMULSIÓN		AGREGADO			
Tipo Emulsión Asfáltica	CSS-1H	Identificación	Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP)		
Residuo asfáltico en la emulsión (%)	60.0	Descripción	Fresado		
Gravedad específica del asfalto (B)	1.01		para Mezcla en Frío		
Asfalto residual en la mezcla (A) (%)	2.5	G. Es. Aparente (C)	2.440 g/cm ³		
MEZCLA Y COMPACTACIÓN					
Agua total en la mezcla (%)	3.2				
Agua de adición a la mezcla (g)					
Agua de compactación (%)	2.5				
DESCRIPCIÓN		SECO		SATURADO	
N° DENSIDAD BULK	1	2	4	5	6
1 Peso de la probeta en aire (D)	1135.3	1137.1	1135.0	1138.9	
2 Peso de la probeta en agua (E)	600.8	610.1	600.0	609.1	
3 Peso de la probeta SSD (F)	1156.0	1157.7	1161.4	1163.1	
4 Volumen por desplazamiento	547.2	547.6	553.4	554.0	
5 Densidad Bulk (G)	2.075	2.077	2.051	2.056	
6 Densidad Secca Bulk	1.999	1.994	1.997		
N° Estabilidad (22.2 °C)					
1 Estabilidad (Kg-ft)	834	867	724	741	
2 Factor de corrección	0.89	0.93	0.89	0.89	
3 Estabilidad corregida (Kg-ft)	742	806	644	659	
4 Flujo (mm)	4.3	5.3	6.1	6.6	
N° Contenido de humedad					
1 Peso de la muestra húmeda (H)	1156.0	1157.7	1161.4	1163.1	
2 Peso de la muestra seca (I)	1094.0	1092.0	1092.3	1051.5	
3 Tara (J)					
4 Contenido de humedad (K)	3.9	4.2	10.6	10.9	
5 Humedad absorbida					
N° Características					
1 Máximo total de vacíos (%)	15.2	15.4			
2 vacíos de aire (%)	7.7	7.2			
3 V. M. A. (%)	20.1	20.3			
4 % pérdida de estabilidad		15.6			

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

Fuente: Elaboración propia, 2019.