



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Efecto de la adición de los residuos de plásticos en el comportamiento mecánico de pavimento flexible, Piura”

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

AUTORA:

Amaya Sandoval, Mayra Alejandra (orcid.org/0000-0001-8905-4918)

ASESOR:

Dr. Alzamora Roman, Hermer Ernesto (orcid.org/0000-0002-2634-7710)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

PIURA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme la vida,
la motivación y la oportunidad de estudiar,
reconozco que la sabiduría viene de Él
y que todo esfuerzo será recompensado.

A mi esposo Allan e hijos (Sebastián & Alejandra),
que, a través de su constante apoyo,
paciencia y comprensión
en el desarrollo de la presente investigación
me acompañaron en cada reto, dificultad y logros
con su amor infinito, gracias por ser parte de mi vida,
por ayudarme a crecer, madurar, y ser mejor para ellos,
que siempre están apoyándome en cada paso que doy.

AGRADECIMIENTO

El presente proyecto académico
es en agradecimiento
a mi papi Alejandro que siempre
me inspiro y me motivó, te agradezco de todo corazón,
las enseñanzas y los consejos brindados
y la formación excelsa en valores,
de igual forma, para mi mamá y hermanos.

También, a mis compañeros y docentes que en
mi carrera profesional cooperaron con sus
enseñanzas y experiencias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MARCO TEÓRICO.....	13
III. METODOLOGÍA.....	21
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	21
3.2 Variables y operacionalización.....	21
3.2.1 Variables.....	21
3.2.2 Población, muestra y muestreo.....	22
3.2.3 Técnicas e instrumentos.....	22
3.3 Procedimientos.....	23
3.1.1 Localización y ubicación del área en estudio.....	23
3.4 Método de análisis de datos.....	24
3.5 Aspectos éticos.....	24
IV. RESULTADOS.....	25
V. DISCUSIÓN.....	39
VI. CONCLUSIONES.....	43
VII. RECOMENDACIONES.....	45

REFERENCIAS	46
ANEXOS	52

Índice de tablas

Tabla 1: Resultados granulométricos del suelo.....	27
Tabla 2: Agregado fino.....	28
Tabla 3: Angularidad del agregado fino.....	29
Tabla 4: Límites de Atterberg (Malla N°040).....	29
Tabla 5: Diagrama de fluidez.....	30
Tabla 6: Límites de Atterberg (Malla N°200).....	30
Tabla 7: Contenido de sales solubles en agregado grueso.....	31
Tabla 8: Contenido de sales solubles en agregado fino.....	31
Tabla 9: Gravedad específica - Agregado fino.....	32
Tabla 10: Durabilidad al sulfato de magnesio.....	33
Tabla 11: Ensayo de abrasión (Máquina de Los Ángeles).....	34
Tabla 12: Ensayo de adherencia agregado grueso – Bitumen.....	34
Tabla 13: Ensayo de adherencia agregado grueso – Bitumen.....	35
Tabla 14: Partículas chatas y alargadas del agregado grueso.....	35
Tabla 15: Porcentaje de caras fracturadas en los agregados.....	36
Tabla 16: Durabilidad al sulfato de sodio y magnesio.....	37
Tabla 17: Peso específico y absorción de los agregados.....	37
Tabla 18: Ensayo granulométrico - 5.0%.....	38
Tabla 19: Lavado asfáltico - 5.0% de residuos plásticos.....	39
Tabla 20: Representación gráfica.....	40
Tabla 21: Ensayo Marshall ASTM D-1559.....	41
Tabla 22: Ensayo granulométrico - 5.5%.....	45
Tabla 23: Lavado asfáltico.....	45
Tabla 24: Ensayo Marshall.....	46
Tabla 25: Ensayo granulométrico - 5.5%.....	49
Tabla 26: Lavado asfáltico.....	50
Tabla 27: Ensayo Marshall.....	52
Tabla 28: Ensayo granulométrico.....	53
Tabla 29: Lavado asfáltico.....	54
Tabla 30: Ensayo Marshall.....	56
Tabla 31: Estabilidad retenida e índice de compactibilidad.....	57
Tabla 32: Densidad Máxima Teórica RICE.....	58

Tabla 33: Resumen de diseño de mezcla asfáltica en caliente (MAC).....	59
Tabla 34: Ubicación de las estaciones de control.....	61
Tabla 35: Cronograma de estudio de campo.....	61
Tabla 36: Factor de corrección del mes de marzo – año 2006.....	65
Tabla 37: Ubicación de los puntos de aforo.....	66
Tabla 38: Resumen vehicular en un sentido por día.....	67
Tabla 39: Volumen diario clasificado - Estación 03.....	69
Tabla 40: Variación diaria.....	70
Tabla 41: Tráfico Actual por Tipo de Vehículo Estación 01.....	71
Tabla 42: Tráfico Actual por Tipo de Vehículo Estación 02.....	71
Tabla 43: Tráfico Actual por Tipo de Vehículo Estación 03.....	72
Tabla 44: Demanda proyectada de estación 01 a 20 años.....	76
Tabla 45: Demanda proyectada de estación 01 a 10 años.....	76
Tabla 46: Demanda proyectada de estación 02 a 20 años.....	77
Tabla 47: Demanda proyectada de estación 02 a 10 años.....	77
Tabla 48: Demanda proyectada de estación 03 a 20 años.....	78
Tabla 49: Demanda proyectada de estación 03 a 10 años.....	79

Índice de figuras

Figura 1: Diferencias del comportamiento entre pavimento flexible y rígido.....	18
Figura 2: Localización del área en estudio.....	26
Figura 3: Curva granulométrica.....	28
Figura 4: Representación gráfica.....	46
Figura 5: Representación gráfica.....	50
Figura 6: Representación gráfica.....	54
Figura 7: Ubicación de las estaciones de control.....	63

RESUMEN

En la actualidad, existe una gran problemática relacionada al reciclaje de los plásticos a causa de las graves consecuencias que generan en el medioambiente. De este modo, en la presente tesis titulada “Efecto de la adición de los residuos de plásticos en el comportamiento mecánico de pavimento flexible, Piura” posee como propósito principal analizar el efecto de la adición de los residuos plásticos en el comportamiento mecánico de pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura.

La metodología pertenece al tipo aplicada con diseño experimental empleada en una muestra que comprende la Av. Richard Cushing – Piura, se recurre a la observación directa y a ejecutarse pruebas en laboratorio con la finalidad de comprobar y certificar la alternativa planteada.

Finalmente, se concluye que el efecto de la adición de los residuos de plásticos contribuye a la mejora del comportamiento mecánico de pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura, pues las gradaciones de las mezclas; con 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de residuos plásticos, cumplieron con los requerimientos, la fluencia, la estabilidad y el porcentaje de vacíos; ya que cumplen con los parámetros, permitirán una mayor compactación bajo el tráfico y crearán vacíos en los que el asfalto podrá fluir.

Palabras clave: Adición de residuos plásticos, comportamiento mecánico, pavimento flexible.

ABSTRACT

At present, there is a great problem related to the recycling of plastics because of the serious consequences they generate in the environment. Thus, the main purpose of this thesis entitled "Effect of the addition of plastic waste on the mechanical behavior of flexible pavement, Piura" is to analyze the effect of the addition of plastic waste on the mechanical behavior of flexible pavement in Richard Cushing Avenue - Piura.

The methodology belongs to the applied type with experimental design used in a sample comprising Richard Cushing Avenue - Piura, resorting to direct observation and laboratory tests in order to verify and certify the proposed alternative.

Finally, it is concluded that the effect of the addition of plastic waste contributes to the improvement of the mechanical behavior of flexible pavement in Richard Cushing Avenue - Piura, since the gradations of the mixes; with 5%, 5.5%, 5%, 6% and 6.5% of plastic waste, met the requirements, creep, stability and percentage of voids; since they comply with the parameters, they will allow a greater compaction under traffic and will create voids in which the asphalt will be able to flow.

Keywords: Addition of plastic waste, mechanical behavior, flexible pavement.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, existe una gran problemática relacionada a la acumulación de materiales plásticos en el medioambiente que causa un grave impacto de forma negativa que afecta a todos los seres vivos que cohabitan en el planeta por su proceso tardío en degradación y contaminación (Diago, 2021, p. 3).

En tal sentido, que se plantean nuevas propuestas para reutilizar dichos productos e incluirlos para su aplicación en otros sectores (Ogundairo et al., 2021, p. 1). En lo que respecta, a la profesión de Ingeniería Civil es de conocimiento global que para disminuir dichos efectos perjudiciales contra el medioambiente se recurren a técnicas de permitan adicionar materiales que beneficien sus construcciones, especialmente, que fortifiquen la capacidad estructural de edificaciones, vías, otros (Rodríguez et al., 2021, p.1).

De esta manera, Piura presenta cierto grado de deficiencia en la calidad de sus pavimentos que deriva a un tiempo de vida menor que genera grandes gastos a la economía peruana, puesto que, todo ciudadano requiere de una vía en óptimas condiciones para circular de forma segura en cada actividad cotidiana incluyendo las actividades económicas, transporte, entre otros. En especial, la Av. Richard Cushing presenta un alto grado de circulación vehicular, es decir, se tipifica como pavimento flexible. No obstante, exhibe diversas problemáticas en relación a su desgaste, así como, se observa con alta frecuencia baches, hundimientos, otros que perjudican el tránsito fluido y seguro entre los diversos vehículos que transiten por dicha avenida. Todos los deterioros y deformaciones mencionadas disminuyen la satisfacción del conductor en relación con la vía, ya que, conlleva a realizar diversas reparaciones a sus vehículos producto de los daños que se generan en la avenida mencionada.

Ante el contexto situacional descrito, se plantea realizar la adición de residuos plásticos para visualizar el efecto en el comportamiento mecánico del

pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura con el propósito de atenuar los conflictos que se derivan en dicha avenida. Es preciso resaltar, que el uso de residuos plásticos se fundamenta como un método ecoamigable que permite reutilizar los materiales plásticos evitando su desecho para contribuir con el medioambiente. Adicionalmente, se resalta que diversos países emplean el plástico como aditivo para la construcción de carretera tales como India, Indonesia, Reino Unido y Holanda.

De tal modo, se formula la siguiente interrogante: ¿Cuál es el efecto de la adición de los residuos de plástico en el comportamiento mecánico de pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura? Como interrogantes específicas se plantean: (1) ¿Qué efecto tiene la adición de residuos plásticos en la granulometría de la mezcla asfáltica del pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura?, (2) ¿En qué medida la adición de residuos plásticos mejora la fluencia del pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura?, (3) ¿En qué medida la adición de residuos plásticos mejora la estabilidad del pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura?, (4) ¿Cuál es el efecto de la adición de residuos plásticos en el porcentaje de vacíos del pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura?

El presente estudio se fundamenta teóricamente mediante la consulta de diferentes fuentes bibliográficas fidedignas de origen electrónico incluyendo teorías innovadoras para la profesión de ingeniería civil en la ciudad de Piura. Asimismo, desde el aspecto metodológico se justifica a través de los ensayos realizados para determinar el efecto producido al añadir residuos derivado de materiales plásticos en el comportamiento mecánico del pavimento flexible en Av. Richard Cushing – Piura, además, de su posible aplicación en los pavimentos flexibles en Piura. Adicionalmente, en el fundamento práctico se basa en brindar un comportamiento mecánico óptimos en pavimentos flexibles enfatizando sus propiedades resistentes y de cohesión con la finalidad de prolongar su tiempo de utilidad.

Es por ello, que el objetivo general es: Analizar el efecto de la adición de los residuos de plástico en el comportamiento mecánico del pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura. Además, se plantea como objetivos

específicos: (1) Evaluar el efecto de la adición de los residuos de plástico en la granulometría de la mezcla asfáltica del pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura (2) Determinar el nivel de fluencia por la adición de residuos plásticos en del pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura, (3) Determinar el nivel de estabilidad con la adición de residuos plásticos en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura, (4) Determinar el porcentaje de vacíos con la adición de residuos plásticos para mejorar el comportamiento mecánico en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura.

Finalmente, se plantea la siguiente hipótesis general: El efecto de la adición de los residuos de plástico contribuye a la mejora del comportamiento mecánico de pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura Conjuntamente, se plantea como hipótesis específicas: (1) La adición de los residuos de plástico en la mezcla asfáltica cumple con los estándares granulométricos para el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura (2) Existe mejora significativa en la fluencia por la adición de residuos plásticos en del pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura, (3) La estabilidad se mejora significativamente con la adición de residuos plásticos en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura, (4) El porcentaje de vacíos disminuye con la adición de residuos plásticos en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional, Berrío (2017) con su estudio denominado “Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo” cuyo propósito principal consistía en diseñar una mezcla asfáltica semidiosa tipo MSC-19 agregando Tereftalato de polietileno reciclado mediante evaluación de sus propiedades mecánicas. Asimismo, su metodología de indagación se basa en una búsqueda bibliográfica para fundamentar su tema central, también, se ejecutó pruebas de laboratorio con el objetivo de evidenciar cada característica en dichos materiales, diseñó una mezcla de patrón a través del método Marshall, se evaluó con diversas dosis de PET y tamaños de trituración en dichas mezclas asfálticas para establecer el nivel de resistencia en la deformación plástica en la prueba de pista y tracción indirecta. Sus resultados indican que inició con la comparación de características volumétricas mediante el análisis de la variación del porcentaje de vacíos con aire refiriendo que las mezclas con adición de PET de 5.0mm se evidencia una conducta creciente en relación a dicho porcentaje, aunque, de forma general explica que en ninguna mezcla se obtiene un límite inferior a 65.%. En la comparación de estabilidad y flujo, indica que solo la mezcla B, C y H reúnen los criterios para el límite de flujo de especímenes de ensayo que corresponde a 3.5mm donde la mezcla “C” exhibe un óptimo nivel de estabilidad, aunque, en aquellas mezclas con aditivo PET de dimensiones grandes al generarse vacíos provoca la disminución de la estabilidad. En las variables que influyen en la incorporación de PET indicando que la mezcla “C” con dimensiones pequeñas y porcentaje de adición intermedia y la mezcla “H” con dimensiones superiores y porcentaje de adición bajos poseen una óptima conducta. En relación, al módulo resiliente por tensión indirecta se manifiesta que la mezcla “C” se califica como superior en la mezcla patrón de tres temperaturas y en el caso del módulo 20°C donde la mezcla mencionada anteriormente exhibe un aumento de 37%, mezcla “H” posee 14%. En la deformación total, se indica que la mezcla “C” posee un nivel “bajo” permitiendo que existan vacíos con aire en la mezcla. En la deformación plástica en pista, donde la mezcla “C” que posee partículas PET con dimensiones inferiores

posee un adecuado comportamiento a diferencia de la mezcla "H" (58%). En el análisis de microscopia electrónica, se observan las dimensiones en la mezcla "C" se especifica como 0.71mm, además, de tonos turquesas (carbono) y naranjas (silicio). Asimismo, el autor indica que realizó dos diseños de estructura de pavimento adicionando la mezcla "C" determinando que el número de ejes se aumenta dos veces más (4.4 millones a 9.4 millones) destacando su capacidad de resiliencia. Finalmente, concluye que a través del ensayo Marshall todas las nueve mezclas cumplen los criterios por la entidad correspondiente, aunque, en el flujo solamente tres presentaban un límite inferior (3.5mm). Adicionalmente, indica que el PET en la modalidad triturado posee un progreso significativo y positivo en el comportamiento de mezcla asfáltica y que por cada km de vía se puede añadir 73.000 botellas de PET.

Asimismo, el estudio practicado en Ecuador por Aimacaña (2017) denominado "Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales", cuyo propósito el estudio del comportamiento de estabilidad y flujo en las muestras compactadas adicionadas con mezcla asfáltica con polímero y mezcla asfáltica usual. Su metodología se basa en el tipo aplicado con diseño experimental mediante aplicación de pruebas de laboratorio en una muestra de sesenta briquetas cilíndricas de asfalto. En los resultados, se indica que en el análisis granulométrico de los agregados (arena y ripio) cumplen los lineamientos mínimos por la entidad que rige en Ecuador (MTOPE). En la gravedad específica y en la absorción de agregados finos obtuvo 2.388 gr/cm³ y 3.9% de absorción, así como, 29% de desgaste por abrasión, y en agregados gruesos obtuvo 2.345 gr/cm³ y 4.93%, respectivamente. En el porcentaje caras fracturadas en dichos agregados se obtuvo 82.5%. El polímero que emplea se deriva de tapas de botellas recicladas. El diseño de mezcla asfáltica a través del método Marshall elabora briquetas mezclando agregados y asfalto caliente donde la carpeta para faja ¾" resulta 6.5%. En relación, al diseño de la mezcla asfáltica con tapas de botellas plásticas trituradas al 1%, 2% y 3% con la función de reemplazar de manera parcial al agregado fino para la elaboración de briquetas y en cemento asfáltico se empleó 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7%. En el análisis de mezcla asfáltica tradicional que al compararse con la mezcla

superficial para tránsito pesado obtuvo 6.5% en densidad 2.200 gr/cm³, 4% en índice de vacíos con aire, 5500lbs en estabilidad, 13% de vacíos del agregado mineral, 10.6 de flujo y 68% de vacíos llenos de asfalto. La mezcla asfáltica con adición de polímero obtuvo: 60% en agregado grueso, 39% en agregado fino, 1% en polímero y 6% de asfalto. Finalmente, concluye que al ensayar con 3 briquetas de asfalto modificado al 1%, 2% y 3% de polímero triturado que reemplaza el agregado fino.

A nivel nacional, en su estudio presentado por Saravia y Vejarano (2019) denominado “Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales” con el propósito de establecer la influencia entre la incorporación de policloruro de vinilo (PVC) derivado del reciclaje en la fase de compactado y resistencia en la abrasión de un material granular para capa base del pavimento flexible. Su metodología se basa en el diseño experimental de tipología unifactorial aplicado a una muestra de sesenta probetas cilíndricas de 6” de diámetro y 5” de altura para el ensayo de Proctor Modificado y cuarenta y cinco probetas de forma cilíndrica con 6” de diámetro y 7” de altura para el ensayo de CBR. En sus resultados se indican que en el ensayo de laboratorio que: El porcentaje adecuado para añadir de PVC en el material granular de 4% con densidad máxima seca de 2.18 g/cm² con 123.5% como máxima capacidad de soporte. En el tráfico vial de carretera con IMDA con 577 vehículos al día tipificado como tipo TP7 y en el diseño de pavimento flexible proyectado a veinte años con espesores de 0.09 y 0.20m de carpeta asfáltica (1er sector homogéneo) y 0.09 y 0.25, respectivamente. Al finalizar, se concluye que existe viabilidad económica en un kilómetro para la carretera adicionada con PVC reciclada y con ancho de calzada equivalente a 6.90 m proyectado a 20 años.

También, el estudio presentado por Uribe (2020) denominado “Aplicación de polietileno (PET) en pavimento flexible para determinar el comportamiento físico-mecánico en la Av. Los Geranios, Huaral 2020” con el propósito de efectuar la evaluación del mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas en el pavimento flexible adicionado polietileno en dicha avenida. Su metodología se basa en la tipología aplicada, explicativa de enfoque cuantitativo donde se recurrió a dos tesis como instrumento para reconocer

dichas propiedades y en la durabilidad investigó el porcentaje de vacíos. En sus resultados se indica que para el aumento de la estabilidad en la adición de 2.5% de polietileno logrando la estabilidad de 774 kgf como valor superior. Al finalizar, concluye que en la mezcla asfáltica con polietileno logra mejorar considerablemente las propiedades físicas – mecánicas, asimismo, gracias a los vacíos se reconoce la durabilidad de dicha mezcla.

Osorio (2019) en su estudio titulado “Aplicación de plástico reciclado para mejorar la funcionalidad del pavimento flexible de la Vía auxiliar - Av. Universitaria Asociación Apavic - Carabayllo - Lima – 2019” con el propósito de establecer la medida exacta para aplicar plástico reciclado que logre aumentar la funcionalidad en el pavimento flexible en dicha vía auxiliar. Su metodología se basa en el diseño experimental-descriptivo-aplicativo mediante unas muestras que se obtienen desde la Mz “E” (inicio) hasta Mz “F” (inicio). Su técnica se basa en la observación y sus pruebas de ensayo constituyen los instrumentos de indagación. Sus resultados indican que en el tamiz N°04, el compuesto de mezcla asfáltica en el 1% de plástico derivado del reciclaje resulta 59% arena y 41% grava, al 3% resulta 58.9% arena y 41.13% grava, al 5% resulta 58.8% arena y 41.23% grava, al 7% resulta 58.7% arena y 41.33% grava. También, se relaciona indirectamente la mezcla y la relación de vacíos y la dosis correcta, en la cohesión se logró con la cantidad de ligante variando en el 3% de plástico adicionado. Al finalizar, el autor concluye que se logra la resistencia al adicionar 1%, 3% y 5% de plástico proveniente del reciclaje, puesto que, se estabiliza y mejora la resistencia en pavimento flexible mediante la técnica de observación mediante la revisión de ensayos de laboratorio, información detallada de productores de polímeros y asfalto, entre otros que se emplean como “instrumentos de indagación”. Sus resultados indican los polímeros que se aplican en asfaltos que provienen de dicha refinería poseen como características la dureza en el pavimento y recuperación elástica que beneficia significativamente al pavimento flexible. Los polímeros elastómeros (PET y EVA) usados permiten mejorar la dureza (51%) en una penetración de 91x0.1mm en asfalto base, en 70°C como punto de ablandamiento, 80% de recuperación elástica con modificación de 9.6% en estabilidad de Marshall; a diferencia, del asfalto tradicional 60/70 posee 13%, con modificación posee 17.34% en estabilidad de Marshall. Finalmente, concluye que la resistencia en

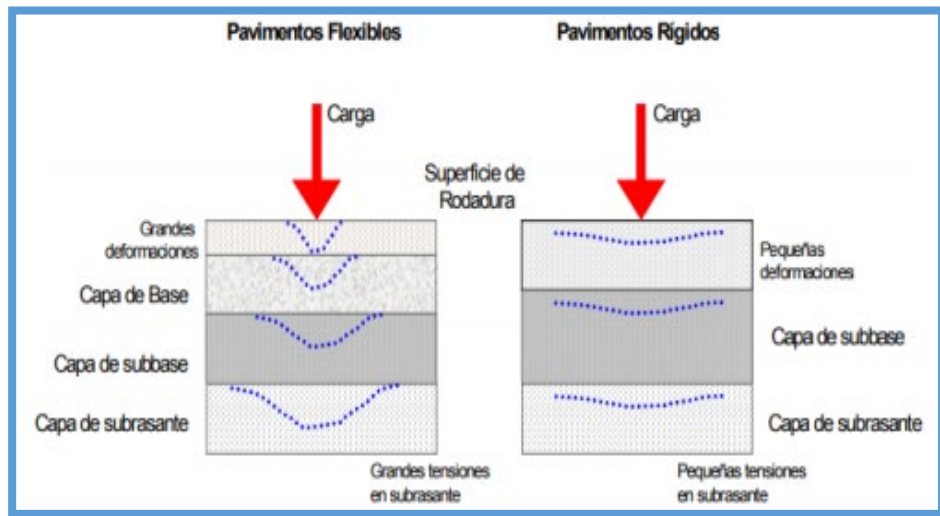
el ahuellamiento se demuestra mejoría en 40% en asfaltos del tipo convencional, 80% de recuperación elástica torsional en asfalto modificado. Adicionalmente, cuando se incorpora un 5% del polímero SBS posee influencia directa en la estabilidad del pavimento.

A nivel regional, solo data una investigación vigente similar al tema en estudio. Dicho estudio presentado por Dominguez y Yovera (2020) denominado “Análisis del efecto de los polímeros en los asfaltos provenientes de la refinería de Talara a fin de mejorar su comportamiento para su aplicación en los pavimentos de la Ciudad de Piura, Departamento de Piura”; cuya finalidad se basó en realizar un análisis en el efecto que los polímeros ejerce sobre los asfaltos derivados de la Refinería de Talara para evidenciar la mejora en las características en el comportamiento para pavimentos flexibles en Piura. Su metodología de estudio se basa en la tipología aplicada con nivel explicativo aplicado y diseño de contrastación a una muestra relacionada a los estudios de pavimentos flexibles que se modifican con polímeros efectuados en Piura y otras regiones adyacentes.

Por otro lado, “pavimento” se define como la agrupación de capas sobrepuestas horizontalmente que se diseña y construye mediante materiales idóneos y propios para la compactación y se clasifican en “flexibles y rígidos” que se diferencian en la aplicación de cargas (Saravia y Vejarano, 2019, p. 30). Las funciones del pavimento consisten en facilitar una circulación adecuada y que cumpla con los parámetros necesarios para evitar demoras, proporcionar una vía accesible en diferentes tipos de clima, disminuir y distribuir la carga de tráfico evitando daños en la subrasante, entre otros (Zenteno, 2018, p. 43).

Figura 1

Diferencias del comportamiento entre pavimento flexible y rígido



FUENTE: Saravia y Vejarano (2019) citando a Manual Centroamericano para diseño de pavimentos (2002)

Asimismo, la variable en estudio “pavimentos flexibles” son pavimentos que se componen por una o distintas capas de mezcla asfálticas que se encarga de transmitir las cargas que se concentran y sus deformaciones en las capas inferiores en un área pequeña logrando la deformación en la carga aplicada (Saravia y Vejarano, 2019, p. 31-31). Se encuentra integrado por carpeta asfáltica, base y sub-base apoyado en el suelo de fundación y en algunos casos solo se necesita la carpeta asfáltica cuando existe un nivel bajo de tránsito (Gavilanes, 2022, p. 35-36). En síntesis, es una estructura elástica integrada por distintas capas que descansan en el suelo de la subrasante y base natural que se construye con el propósito de brindar movimiento a los vehículos (Singh & Sahoo, 2021, p. 315).

Cabe mencionar, que el 95% de las vías a nivel mundial pertenecen a pavimentos flexibles (Gautam et al, 2018, p.2). De tal manera, que cuando este tipo de pavimento mantiene contacto de forma directa con los vehículos requiere de ciertas características en la capa superficial para que soporte la resistencia al deslizamiento y brinde seguridad oportuna a quienes utilicen la vía (Zevallos & Muñoz, 2020, p. 83).

Para Ayesha (2022) existen cuatro capas (subrasante, subbase, base y capa superficial) donde su espesor puede impactar en su rendimiento. Ejemplo de ello, cuando se incrementa la capa bituminosa que deriva a disminuir la tensión de compresión en la capa de subrasante (Ranadive & Tapase, 2016, p. 468). Por esta razón, el grosor en cada capa depende de ciertos lineamientos tales como: La carga que soportará el pavimento, estado del área de construcción del pavimento y calidad de materiales usados en cada capa (Saride et al., 2019). Ello, representa que el pavimento flexible debe poseer capas bituminosas mejoradas en resistencia y rendimiento ante la deformación contante y fatiga relacionada a la carga y el desgaste por el tiempo de vida (Wissam, 2020, p. 2).

En este aspecto, Modera (2018) indica que todo pavimento flexible se encuentra integrado regularmente por la carpeta de rodadura con un espesor de 3-8 cm, riego de liga, base asfáltica con un espesor de 10-15 cm, imprimación, capas granulares no tratadas con espesor de 0-80 cm (base y sub-base) y subrasante (p. 22). En algunas investigaciones, en el pavimento flexible se usa betún como aglutinante según las especificaciones europeas “EN 12597” por sus características adhesivas e impermeabilizantes. No obstante, Nkanga et al. (2017) informa que los residuos plásticos exhiben propiedades de adherencia adecuadas (p. 490).

Mayormente, las fallas en el pavimento se suscitan por la pérdida de las capacidades funcionales de su diseño, que son: Pérdida de agregados y de base, desprendimientos, exudación de ligante, desgaste de áridos, exposición de agregados, roderas, así como, deformaciones (baches profundos y canalizaciones), entre otros (Saravia y Vejarano, 2019, p. 33-35). Algunas de las fallas en pavimentos, es ocasionada por la humedad que actua en la pérdida de adherencia (Vasquez et al., 2020, p. 22). Cuando la adherencia es menor y se añade la influencia de la carga se producen fallas en el asfalto (Mensahn et al., 2020, p. 3250). Tambien, dichas fallas se presentan regularmente por altas temperaturas y el efecto de las cargas de trafico de forma especifica cuando existe tránsito lento que deriva a la formacion e incremento de baches (Alkaissi, 2020, p.1).

Asimismo, los residuos plásticos o “polímeros” se definen como moléculas grandes que se forman por la agrupación de distintas unidades simples repetidas (monómeros) (Saravia y Vejarano, 2019, p. 47). El polímero posee una tendencia que modifica a las mezclas asfálticas que optimiza las características a nivel físico y reológica, disminuyendo la susceptibilidad térmica, humedad y oxidación.

El plástico o polímero se asemeja en muchos aspectos en resinas naturales que se hallan en los árboles y plantas, en sus propiedades moleculares se encuentran unidas por enlaces químicos fuertes convirtiendo dicho material con mayor rigidez y propiedades mecánicas no son sensibles al calor (Misal & Datta, 2019, p.25). También, el polímero es un material empleado regularmente para efectuar modificaciones en las características a nivel físico-químico del asfalto, dada su alta compatibilidad se recurre a elastómeros que brindan mejoras significativas en el comportamiento del asfalto y de la mezcla asfáltica (Bobadilla et al., 2022, p. 94). Se destaca al tereftalato (PVC), polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), entre otros materiales considerados de alto uso en la práctica actual de reciclaje de desechos plásticos (Shenghua & Montalvo, 2021, p. 1).

En este aspecto, Kumar & Khan (2020) resalta que los residuos plásticos generan gran preocupación por los distintos tipos de contaminación que causa en el medio ambiente, dada sus características no biodegradables transforman el plástico como inagotable y su acumulación representa un riesgo potencial (p. 115). Cabe mencionar que, el plástico no es un material biodegradable, puesto que, permanece en la superficie terrestre por 4 500 años (Ajay, 2020, p. 9). Entre los principales componentes o fuentes de residuos plásticos destaca el poliestireno, polietileno y polipropileno y ninguno de ellos expulsa gases tóxicos al calentarse (Rajput et al, 2021, p. 2).

Entre las propiedades de los residuos plásticos en climas cálidos y extremadamente húmedos destaca por su larga duración (Merluza et al, 2020, p. 3779). Otras propiedades relevantes de los plásticos desechados, según Singh & Kannaujiya (2019) considera la gravedad específica (0.92), punto de ablandamiento (58.22 C), modulo joven (104.50 Mpa), tensión en la rotura

(1372%), tensión en pico (12846.4%), desplazamiento a la rotura (149.14 mm), desplazamiento en pico (134.18 mm) y carga en el pico (0.0162 KN) (p. 139). En líneas generales, los residuos plásticos producen cambios significativos en el rendimiento de la mezcla asfáltica (Ailar & Nasser, 2021, p. 1).

Adicionalmente, los residuos plásticos solo necesitan ser reprocesados para ser inocuos permitiendo preservar el medio ambiente y reduciendo la compresibilidad del suelo para aumentar la resistencia a la tracción y resistencia, por lo cual, se requiere de determinar los porcentajes y dimensiones para su uso adecuado (Radhi, 2021, pág. 10). Por ende, su uso no solo se limita a la aplicación en pavimentos flexibles sino en ladrillos de suelo elaborados con plástico o botellas de plástico como material de construcción (Chhazed et al, 2019, p. 617). En resumen, el éxito en su uso deriva del acoplamiento entre sus propiedades mecánicas, térmicas y costo de producción (Saucedo et al., 2020, p. 2).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El estudio posee tipología aplicada, ya que, según Uribe (2020) se enfoca en la obtención de resultados inmediatos de una situación o problemática que afecta a un grupo social o sector de producción. De esta forma, se plantea la adición de los residuos de plásticos para obtener el efecto en el comportamiento mecánico de pavimento flexible en la Av. Richard Cushing. Además, el diseño que corresponde es experimental, puesto que, se realizará una manipulación de una o varias variables.

3.2 Variables y operacionalización

3.2.1 Variables

A) Residuos plásticos

Los residuos plásticos o “polímeros” se definen como moléculas grandes que se forman por la agrupación de distintas unidades simples repetidas (monómeros) (Saravia y Vejarano, 2019, p. 47).

B) Pavimento flexible

Son pavimentos que se componen por una o distintas capas de mezcla asfálticas que se encarga de transmitir las cargas que se concentran y sus deformaciones en las capas inferiores en un área pequeña logrando la deformación en la carga aplicada (Saravia y Vejarano, 2019, p. 31-31).

3.2.2 Población, muestra y muestreo

A) POBLACIÓN

Es la agrupación de sujetos o componentes que destacan semejanzas relevantes para el estudio, además, si se define correctamente se asegura el éxito y confiabilidad de los resultados (Shukla, 2020). En el estudio comprende todos los tramos hallados en la Av. Richard Cushing.

B) MUESTRA

Proviene de la población y se extrae con el propósito comprobar la hipótesis formulada (De Sousa et al., 2017). En el presente estudio comprende: Av. Richard Cushing.

3.2.3 Técnicas e instrumentos

A) Técnicas

Se emplea la observación directa, ya que, se requiere obtener datos verídicos mediante un análisis de resultados derivados de la realidad actual. Asimismo, se ejecutó una visita de campo para la ubicación correcta de la Av. Richard Cushing.

B) Instrumentos

Se recurre a ensayos de laboratorio para concretar los objetivos especificados.

C) Validez

Se certificaron los resultados obtenidos a través de la firma de un especialista en el tema en mención.

3.4 Método de análisis de datos

Se desarrolló según los objetivos planteados en la normativa vigente.

3.5 Aspectos éticos

Los aspectos éticos correspondientes al estudio se basan en los principios universales de todo estudio descritos en el informe Belmont que permite garantizar el bienestar de las personas. Dichos principios que rigen todo estudio son: Respeto por las personas, beneficencia y no maleficencia, justicia, integridad científica y consentimiento informado y expreso.

IV. RESULTADOS

Mediante los ensayos Marshall realizados en laboratorio (ver Anexo N°4, 5 y 6) se obtuvo que el contenido óptimo de asfalto; cemento asfáltico PEN 60 / 70, es 5.7%, a partir del cual se combinó con proporciones exactas de agregados y se hizo la adición de 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de residuos plásticos, a esta mezcla asfáltica para los diferentes ensayos.

4.1 Análisis granulométrico

Se hizo la evaluación de la granulometría tomado a las muestras en el orden 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de residuos plásticos, para lo cual se presentan los cuadros de granulometría y su representación gráfica respectivamente.

Tabla 1

Resultados del ensayo granulométrico MA con 5% de RP

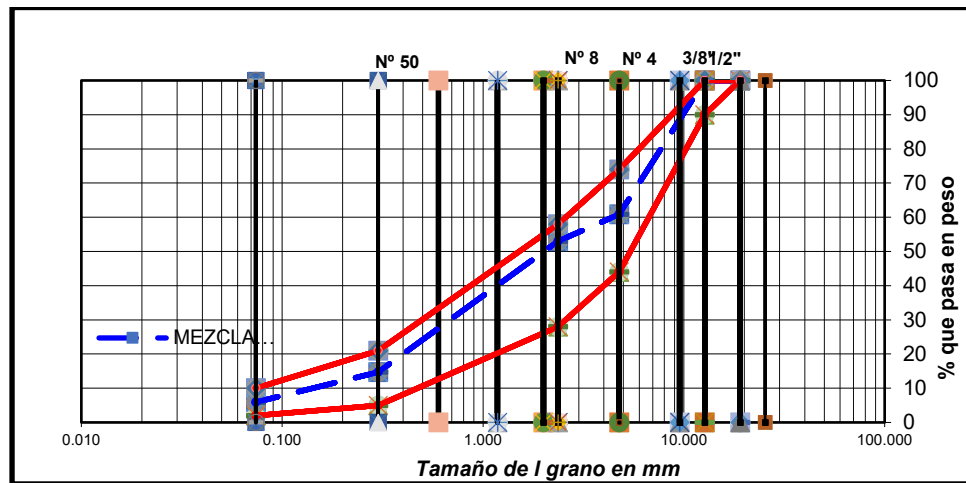
TAMIZ ASTM ABERTURA EN mm	ENSAYO GRANULOMÉTRICO												
	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 10	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200	<N°200	
PESO	19.050	12.700	9.525	4.760	2.360	2.000	1.180	0.600	0.300	0.149	0.074		
RETENIDO	gr.	0	0.0	1372.	4495.	130.0	96.2	67.9	108.5	355.9	109.2	35.0	97.3
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	0.0	9.1	30.0	7.9	5.9	4.1	6.6	21.7	6.6	2.1	5.9
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	0.0	9.1	39.1	47.0	52.9	57.0	63.6	85.3	91.9	94.1	100.0
PASA	%	100.0	100.0	90.9	60.9	53.0	47.1	43.0	36.4	14.7	8.1	5.9	
ESPECIFICACIÓN (ASTM D-5) ASFALTO LÍQUIDO	%	100	90 - 100	44 - 74 28 - 58				5- 21			2-10		

Nota: Se muestran los pesos pasantes de la mezcla asfáltica con 5% de residuos plásticos (RP) por las mallas de ¾" hasta la malla N°200. Datos tomados en el Laboratorio GEOCONSUL NORTE S.R.L.

En la Tabla 1, para la granulometría de la mezcla asfáltica con 5% de RP, el mayor peso retenido (4495 gr) se dio en la malla N°4 lo cual indica que hay un considerable porcentaje de finos (30 %). Asimismo, se observa que no hay presencia de limos y arcillas pues el peso retenido en la malla N° 200, no excede el 3%, lo cual aportaría en la mejora de cohesión en el asfalto.

Figura 3

Representación de la curva granulométrica de la MA con 5% de RP



Nota: En la representación gráfica se muestra la curva granulométrica de la mezcla asfáltica con 5% de residuos plásticos (RP), así como las curvas de los límites mínimos y máximos establecidos por norma. Fuente: Elaboración propia.

En la curva granulométrica de la Figura 3 se interpreta que la mezcla asfáltica con 5% de RP cumple con los límites máximos y mínimos establecidos por la ASTM D-5 para un TMN de 3/8”, lo cual demuestra una gradación continua y se reflejará en la estabilidad del pavimento flexible.

Tabla 2

Resultados del ensayo granulométrico MA con 5.5 % de RP

ENSAYO GRANULOMÉTRICO													
TAMIZ ASTM		3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 10	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200	<N°200
ABERTURA EN mm		19.050	12.700	9.525	4.760	2.360	2.000	1.180	0.600	0.300	0.149	0.074	
PESO RETENIDO	gr.		0.0	1378.0	4489.0	130.0	96.2	67.9	108.5	355.9	109.2	35.0	97.3
RETENIDO PARCIAL	%		0.0	9.1	30.0	7.9	5.9	4.1	6.6	21.7	6.6	2.1	5.9
RETENIDO ACUMULADO	%		0.0	9.1	39.1	47.0	52.9	57.0	63.6	85.3	91.9	94.1	100.0
PASA	%	100.0	100.0	90.9	60.9	53.0	47.1	43.0	36.4	14.7	8.1	5.9	
ESPECIFICACIÓN ASFALTO LÍQUIDO	%	100	90 - 100		44 - 74	28 - 58				5 - 21		2 - 10	

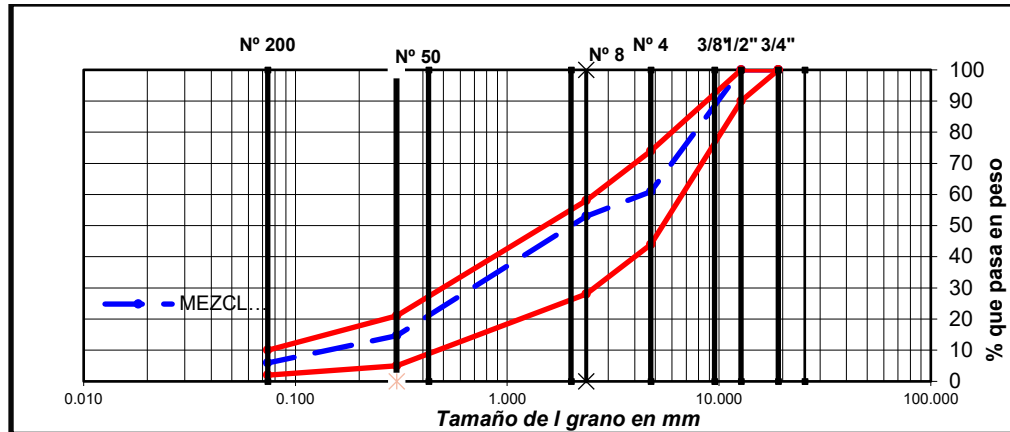
Nota: Se puede apreciar los pesos pasantes de la mezcla asfáltica con 5.5% de RP por las mallas de 3/4” hasta la malla N°200. Datos tomados en el Laboratorio GEOCONSUL NORTE S.R.L.

En la Tabla 2, para la granulometría de la mezcla asfáltica con 5.5% de RP, el mayor peso retenido (4489 gr) se dio en la malla N°4 lo cual indica que hay un considerable porcentaje de finos (30 %). Asimismo, se observa que no

hay presencia de limos y arcillas pues el peso retenido en la malla N° 200, no excede el 3%, lo cual aportaría en la mejora de cohesión en el asfalto.

Figura 4

Representación de la curva granulométrica de la MA con 5.5% de RP



Nota: En la representación gráfica se muestra la curva granulométrica de la mezcla asfáltica con 5.5% de RP, así como las curvas de los límites mínimos y máximos establecidos por norma. Fuente: Elaboración propia.

En la curva granulométrica de la Figura 4 se observa que la muestra con 5.5% de RP cumple con los límites máximos y mínimos establecidos por la norma ASTM D-5 para un TMN de 3/8", lo cual demuestra una gradación continua y se reflejará en la estabilidad del pavimento flexible.

Tabla 3

Resultados del ensayo granulométrico MA con 6 % de RP

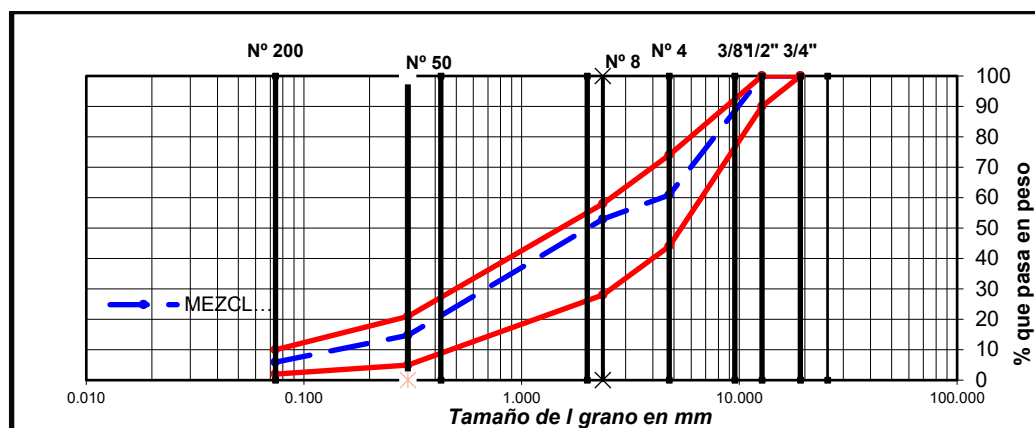
ENSAYO GRANULOMÉTRICO												
TAMIZ ASTM ABERTURA EN mm	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 10	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200	<N°200
	19.05	12.70	9.525	4.760	2.360	2.000	1.18	0.60	0.30	0.15	0.07	
PESO RETENIDO	gr.	0.0	1377.	4490.	130.0	96.2	67.	108.	355.	109.	35.0	97.3
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	9.1	30.0	7.9	5.9	4.1	6.6	21.7	6.6	2.1	5.9
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	9.1	39.1	47.0	52.9	57.	63.6	85.3	91.9	94.1	100.0
PAS A	%	100.0	100.0	90.9	60.9	53.0	47.1	43.	36.4	14.7	8.1	5.9
ESPECIFICACIÓN ASFALTO LÍQUIDO	%	100	90 - 10	44 - 74	28 - 58				5- 21		2-10	

Nota: Se puede apreciar los pesos pasantes de la mezcla asfáltica con 6 % de RP por las mallas de 3/4" hasta la malla N°200. Datos tomados en el Laboratorio GEOCONSUL NORTE S.R.L.

En la Tabla 3, para la granulometría de la mezcla asfáltica con 6% de RP, el mayor peso retenido (4490 gr) se dio en la malla N°4 lo cual indica que hay un considerable porcentaje de finos (30 %). Asimismo, se observa que no hay presencia de limos y arcillas pues el peso retenido en la malla N° 200, no excede el 3%, lo cual aportaría en la mejora de cohesión en el asfalto.

Figura 5

Representación de la curva granulométrica de la MA con 6% de RP



Nota: En la representación gráfica se muestra la curva granulométrica de la mezcla asfáltica con 6% de RP, así como las curvas de los límites mínimos y máximos establecidos por norma.
Fuente: Elaboración propia.

En la curva granulométrica de la Figura 5 se puede interpretar que la mezcla asfáltica con 6% de RP cumple con los límites máximos y mínimos especificados por norma (ASTM D-5) para un TMN de 3/8", lo cual demuestra una gradación continua y se reflejará en la estabilidad del pavimento flexible.

Tabla 4

Resultados del ensayo granulométrico MA con 6.5% de RP

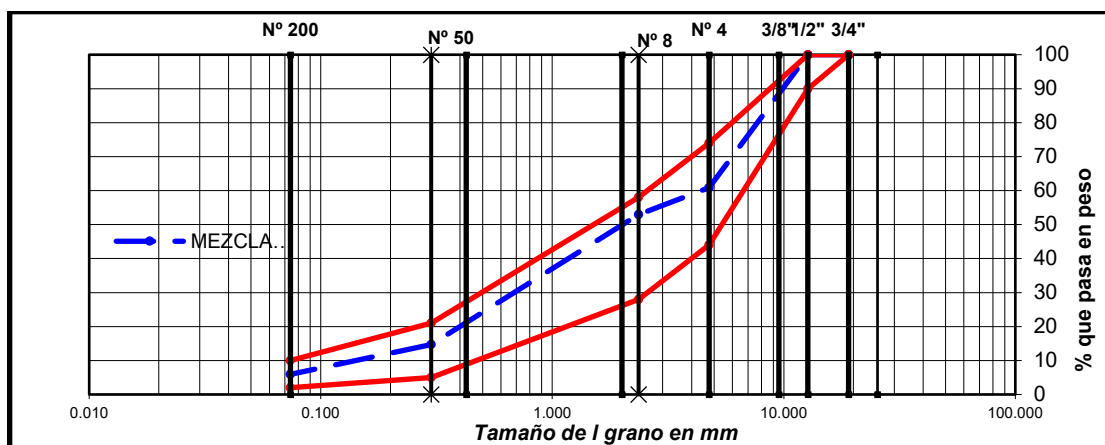
TAMIZ ASTM ABERTURA EN mm	ENSAYO GRANULOMÉTRICO												
	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 10	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200	<N°200	
PESO RETENIDO	gr.	19.05	12.700	9.525	4.760	2.36	2.00	1.18	0.60	0.300	0.149	0.07	
RETENIDO PARCIAL	%		0.0	1380.0	4487.0	130.0	96.2	67.9	108.5	355.9	109.2	35.0	97.3
RETENIDO ACUMULADO	%		0.0	9.1	30.0	7.9	5.9	4.1	6.6	21.7	6.6	2.1	5.9
PASA	%	100.0	100.0	90.9	60.9	53.0	47.1	43.0	36.4	14.7	8.1	5.9	100.0
ESPECIFICACIÓN ASFALTO LÍQUIDO	%	100	90 - 100		44 - 74	28-58					5- 2	2 - 10	

Nota: Se puede apreciar los pesos pasantes de la mezcla asfáltica con 6.5% de RP por las mallas de ¾" hasta la malla N°200. Datos tomados en el Laboratorio GEOCONSUL NORTE S.R.L.

En la Tabla 4, para la granulometría de la mezcla asfáltica con 6.5% de RP, el mayor peso retenido (4487 gr) se dio en la malla N°4 lo cual indica que hay un considerable porcentaje de finos (30 %). Asimismo, se observa que no hay presencia de limos y arcillas pues el peso retenido en la malla N° 200, no excede el 3%, lo cual aportaría en la mejora de cohesión en el asfalto.

Figura 6

Representación de la curva granulométrica de la MA con 6.5% de RP



Nota: En la representación gráfica se muestra la curva granulométrica de la mezcla asfáltica con 6.5% de RP, así como las curvas de los límites mínimos y máximos establecidos por norma. Fuente: Elaboración propia.

En la curva granulométrica de la Figura 6 se observa que la mezcla asfáltica con 6.5% de RP está dentro de los límites máximos y mínimos establecidos por la norma ASTM D-5 para un TMN de 3/8", lo cual demuestra una gradación continua y se reflejará en la estabilidad del pavimento flexible.

Finalmente, el contenido de bitumen de la mezcla asfáltica se determinará mediante las pruebas de extracción centrífuga realizadas en la lavadora de asfalto (con el lavado asfáltico). Los datos granulométricos del resto de los áridos definirán una mezcla con una proporción de grava, partículas angulares y tamaño máximo. De forma similar a los finos.

Tabla 5

Resultados del lavado asfáltico con 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de RP

LAVADO ASFÁLTICO		
Peso Mat. S/Lavar	gr.	
Peso Mat. Lavado	gr.	
Peso Mat. Lav.+Filtro	gr.	
Peso de Asfalto	gr.	
Peso inicial de Filtro	gr.	
Peso final de Filtro	gr.	
Peso de Filler	gr.	
FRACCIÓN	%	1000.0
PESO TOTAL	gr.	15000.0

Nota: Se puede apreciar la fracción y el peso total que representa cada una de las muestras de acuerdo al lavado asfáltico que se hizo. Datos tomados en el Laboratorio GEOCONSUL NORTE S.R.L.

4.2 Fluencia

Se hizo el análisis de flujo o fluencia; que indica la deformación total expresada en mm desde la aplicación de la carga hasta producirse la falla, a las muestras en el orden 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de residuos plásticos, para lo cual se presentan los cuadros de flujo y su representación gráfica respectivamente.

Tabla 6

Cuadro de muestras para los resultados de Flujo.

Muestra	Flujo (mm)	Especificación(mm)
M- RP 5%	2.8	
M- RP 5.5%	3.2	
M- RP 6%	3.2	2-4
M- RP 6.5%	3.9	

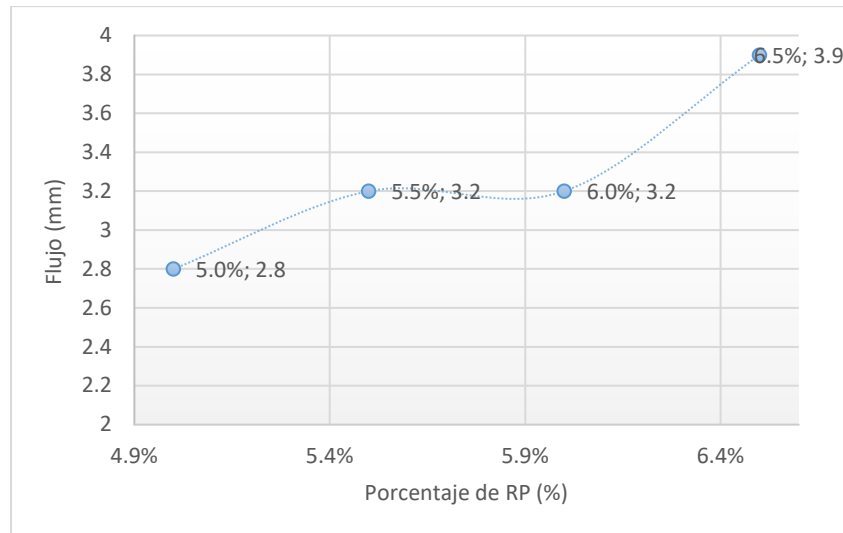
Nota: Resultados de fluencia en las briquetas con 5%, 5.5%, 6%, 6.5% de residuos plásticos y la especificación para esta variable según norma.

De la Tabla 6 se aprecia que la mezcla con 5.5% de RP aumentó en 0.4 mm, la mezcla con 6% mantuvo el mismo valor y la del 6.5% aumentó significativamente en 1.1 mm en comparación de la mezcla inicial con 5% de RP. Por lo cual el menor valor de flujo lo tiene la mezcla asfáltica con 5% de RP (2.8 mm). Además, cabe mencionar que todos los porcentajes cumplen con

el rango especificado en norma pues dichos resultados no se encontraron menores a 2mm ni mayores a 4mm.

Figura 7

Porcentaje de RP vs Fluencia



Nota. En la gráfica se aprecia el comportamiento de las muestras con adición de residuos plásticos respecto a su flujo. Elaboración propia.

De la gráfica de dispersión en la Figura 7 se interpreta que, a mayor porcentaje de residuos plásticos adicionados a la mezcla asfáltica, el flujo aumenta, es decir guardan una relación directamente proporcional; comportamiento que se aprecia entre los ejes de las variables mostradas.

4.3 Estabilidad

Se hizo el análisis de estabilidad; que es la variable que indica la uniformidad en cuanto a su forma ante la repetición de cargas, a las muestras en el orden 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de residuos plásticos, para lo cual se presentan el cuadro de estabilidad y su representación gráfica respectivamente.

Cuadro de muestras para los resultados de Estabilidad.

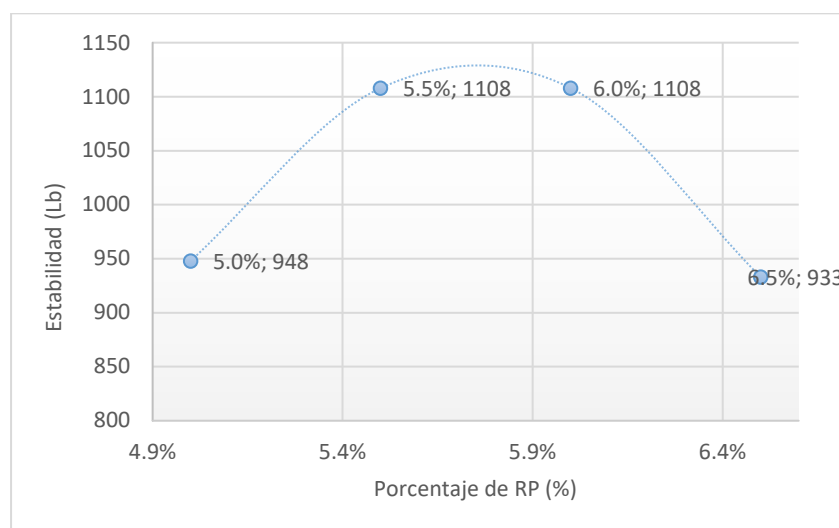
Muestra	Estabilidad (Lb)	Especificación
M- RP 5%	948	
M- RP 5.5%	1108	Mínimo 815
M- RP 6%	1108	
M- RP 6.5%	933	

Nota: Resultados de estabilidad de las briquetas con 5%, 5.5%, 6%, 6.5% de residuos plásticos y la especificación para esta variable según norma.

De la Tabla 7 se aprecia que la mezcla con 5.5% de RP aumentó en 160 lb, la mezcla con 6% mantuvo el mismo valor y la del 6.5% disminuyó en 15 lb en comparación de la mezcla inicial con 5% de RP. Por lo cual el mayor valor de estabilidad lo poseen las mezclas asfálticas con 5.5% y 6% de RP (1108 lb). Asimismo, todas las muestras presentan mayor estabilidad que el establecido en norma (815 LBS), por lo cual se asegura el buen funcionamiento del pavimento flexible.

Figura 8

Porcentaje de RP vs Estabilidad



Nota. En la gráfica se aprecia el comportamiento de las muestras con incorporación de RP respecto a su estabilidad. Elaboración propia.

Se puede apreciar en la gráfica perteneciente a las Figura 8, que a mayor porcentaje de adición de residuos plásticos aumenta la estabilidad del pavimento a excepción del 6.5% de RP, es decir guardan una relación directamente proporcional solo hasta el límite de 6% de RP.

4.4 Relación Estabilidad – Fluencia

Se hizo el análisis de la relación estabilidad/fluencia a las muestras en el orden 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de residuos plásticos, para lo cual se presentan el cuadro y su representación gráfica respectivamente.

Tabla 8

Cuadro de muestras para los resultados de Estabilidad / Flujo.

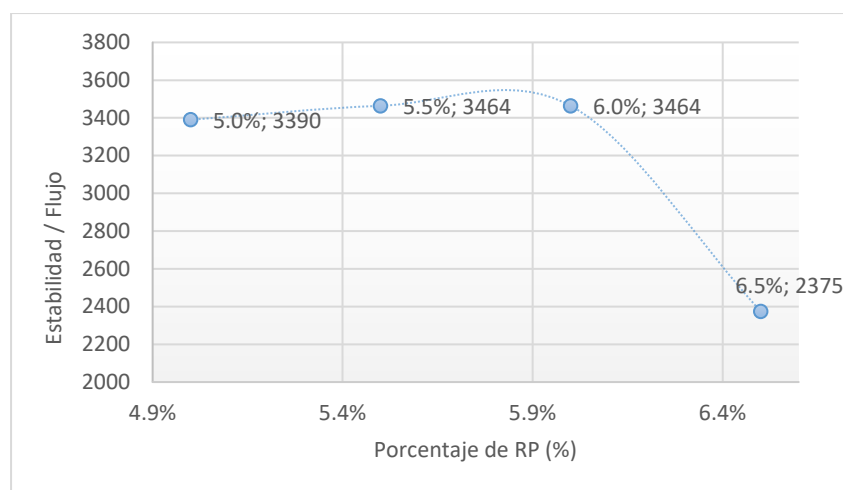
Muestra	Estabilidad/ Flujo	Especificación
M- RP 5%	3390	
M- RP 5.5%	3464	1700-4000
M- RP 6%	3464	
M- RP 6.5%	2375	

Nota: Resultados de estabilidad / fluencia en las briquetas con 5%, 5.5%, 6%, 6.5% de residuos plásticos y la especificación para esta variable según norma.

En la Tabla 8 se aprecia que la relación estabilidad/fluencia de la mezcla con 5.5% de RP aumentó en 74 kg/cm, la mezcla con 6% mantuvo el mismo valor y la del 6.5% disminuyó en 1015 kg/cm en comparación de la mezcla inicial con 5% de RP. Por lo cual el mayor valor de relación estabilidad/fluencia lo poseen las mezclas asfálticas con 5.5% y 6% de RP (3464 kg/cm). Asimismo, todos los porcentajes cumplen con el rango especificado en norma pues dichos resultados no se encontraron menores a 1700 kg/cm ni mayores a 4000 kg/cm.

Figura 9

Porcentaje de RP vs Relación Estabilidad/Flujo



Nota. En la representación gráfica se observa el comportamiento de las muestras con adición de residuos plásticos respecto a su relación estabilidad / flujo. Elaboración propia.

Se puede apreciar en la gráfica perteneciente a las Figura 9, que a mayor porcentaje de adición de residuos plásticos aumenta la relación estabilidad/fluencia del pavimento a excepción del 6.5% de RP que disminuye considerablemente, es decir guardan una relación directamente proporcional solo hasta el límite de 6% de RP.

4.5 Porcentaje de Vacíos

Los resultados con respecto al porcentaje de vacíos de las muestras en el orden 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de residuos plásticos, para lo cual se presentan el cuadro y su representación gráfica respectivamente.

Tabla 9

Cuadro de muestras y su porcentaje de vacíos.

Muestra	Vacíos (%)	Especificación
M- RP 5%	6.8	
M- RP 5.5%	5.2	3-5
M- RP 6%	5.2	
M- RP 6.5%	3.5	

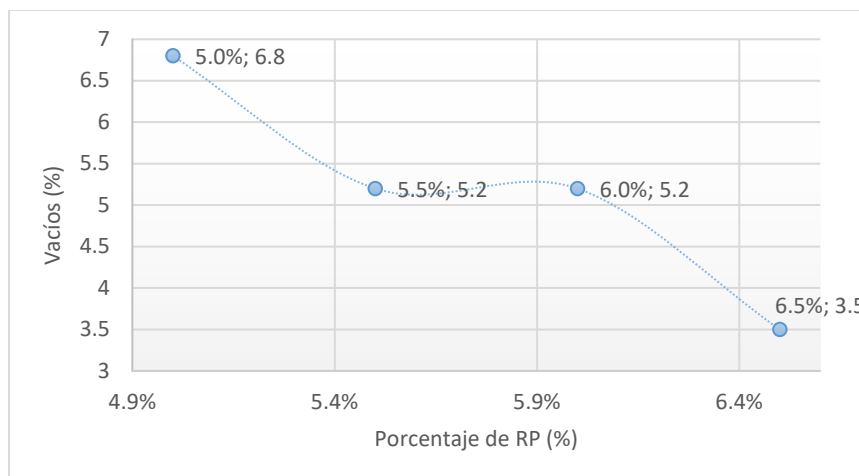
Nota: Resultados de vacíos (%) en las briquetas con 5%, 5.5%, 6%, 6.5% de residuos plásticos y la especificación para esta variable según norma.

De la Tabla 9 se aprecia que la mezcla con 5.5% de RP disminuyó en 1.6%, la mezcla con 6% mantuvo el mismo valor y la del 6.5% disminuyó en 3.3% en comparación de la mezcla inicial con 5% de RP. Cabe destacar que el mayor valor de porcentaje de vacíos lo posee la muestra con 5% de RP

(6.8%), el cual, además no está dentro del rango pues dicho resultado sobrepasó en 5%, especificado en norma.

Figura 10

Porcentaje de RP vs porcentaje de vacíos



Nota. En la representación gráfica se observa la reacción de las muestras con adición de RP respecto a su porcentaje de vacíos. Elaboración propia.

Se puede apreciar en la gráfica perteneciente a las Figura 10, que a mayor porcentaje de adición de residuos plásticos disminuyen los porcentajes de vacíos, es decir guardan una relación inversamente proporcional.

Asimismo, se tienen los resultados que comprenden el porcentaje de los vacíos en la mezcla asfáltica (VMA), los cuales se muestran en la siguiente tabla y representación gráfica para las 4 muestras en estudio (5%, 5.5%, 6%, 6.5% de RP)

Tabla 10

Cuadro de resultados del porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica.

Muestra	VMA (%)	Especificación
M- RP 5%	16.1	Mínimo 14

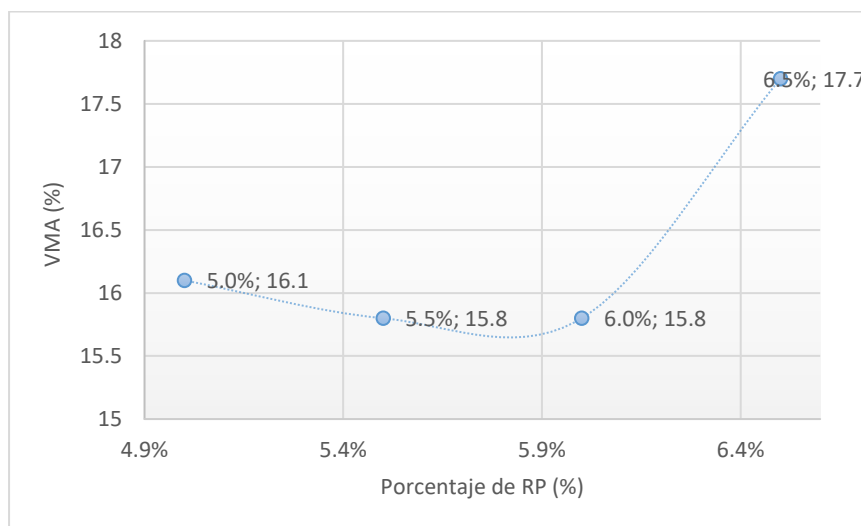
M- RP 5.5%	15.8
M- RP 6%	15.8
M- RP 6.5%	17.7

Nota: Resultados de vacíos (%) en la mezcla asfáltica de las briquetas con 5%, 5.5%, 6%, 6.5% de residuos plásticos y la especificación para esta variable según norma.

De la Tabla 10 se aprecia que la mezcla con 5.5% de RP disminuyó en 0.3%, la mezcla con 6% mantuvo el mismo valor y la del 6.5% aumentó en 1.6% en comparación de la mezcla inicial con 5% de RP. Cabe destacar que el mayor valor de porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica lo posee la muestra con 6.5% de RP (6.8%). Además, todas las muestras cumplen con el valor especificado en norma pues no disminuyeron de 14% en VMA.

Figura 11

Porcentaje de RP vs porcentaje de VMA



Nota. En la gráfica se aprecia el comportamiento de las muestras con adición de residuos plásticos respecto a su porcentaje de VMA. Elaboración propia.

Se puede apreciar en la gráfica perteneciente a las Figura 11, que a mayor porcentaje de adición de residuos plásticos disminuyen los porcentajes de vacíos en la mezcla asfáltica, es decir guardan una relación inversamente proporcional, a excepción de las muestras con 6.5% de RP que aumenta significativamente (17.7%).

Finalmente se tienen los resultados que comprenden el porcentaje de los vacíos llenados con cemento asfáltico (VLLCA), los cuales se muestran en

la siguiente tabla y representación gráfica para las 4 muestras en estudio (5%, 5.5%, 6%, 6.5% de RP)

Tabla 11

Cuadro de muestras para los resultados del porcentaje de VLLCA

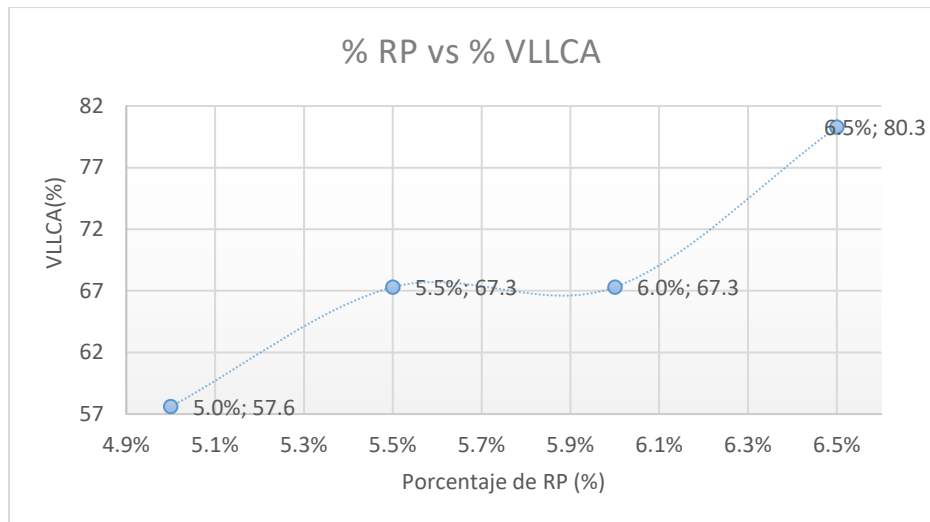
Muestra	VLLCA (%)	Especificación
M- RP 5%	57.6	Máximo 80
M- RP 5.5%	67.3	
M- RP 6%	67.3	
M- RP 6.5%	80.0	

Nota: Resultados del porcentaje de vacíos llenados con cemento asfáltico de las briquetas con 5%, 5.5%, 6%, 6.5% de residuos plásticos y la especificación para esta variable según norma.

De la Tabla 11 se aprecia que la mezcla con 5.5% de RP aumentó en 0.7%, la mezcla con 6% mantuvo el mismo valor y la del 6.5% aumentó significativamente en 22.4% en comparación de la mezcla inicial con 5% de RP. Cabe destacar que el mayor valor de porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica lo posee la muestra con 6.5% de RP (80.0%). Además, todas las muestras cumplen con el valor especificado en norma pues no disminuyeron de 80% en VLLCA.

Figura 12

Porcentaje de RP vs porcentaje de VLLCA



Nota. En la gráfica se aprecia el comportamiento de las muestras con adición de residuos plásticos respecto a su porcentaje de VLLCA. Elaboración propia.

Se puede apreciar en la gráfica perteneciente a las Figura 12, que a mayor adición de residuos plásticos aumentan los porcentajes de VLLCA, es decir guardan una relación directamente proporcional.

V. DISCUSIÓN

- **Hipótesis específica 1:** La adición de los residuos de plástico en la mezcla asfáltica cumple con los estándares granulométricos para el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura.

Al realizar el análisis granulométrico se encontró que todas las muestras estuvieron dentro del rango permitido según norma para su uso en pavimento asfáltico, no presentando ninguna alteración en la curva granulométrica para los pasantes de las distintas mallas usadas para un TMN de 3/8". Con lo que se demuestra que tuvieron una continuidad en su gradación, reflejando un comportamiento adecuado ante una transitabilidad buena.

Se consideraron limitaciones porque al analizar con una sola muestra de cada porcentaje (5%, 5.5%, 6% y 6.5% de RP). Además, estos resultados están limitados en cuanto al análisis de resultados, pues al ser una sola muestra de cada tipo de agregado global según el porcentaje de RP contenido; no se pudo obtener una gráfica estadística para analizar mejor el resultado de esta propiedad.

Al hacer la comparación de este resultado con el trabajo hecho en Ecuador por Aimacaña (2017) donde obtuvieron que el análisis granulométrico de los agregados (arena y ripio) cumplieron los lineamientos mínimos por la entidad que rige en Ecuador (MTO); se verificaron los resultados de la presente investigación pues todas las muestras con adición de 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de residuos plásticos cumplieron con los parámetros establecidos por las normas peruanas NTP, RNE y las normas internacionales ASTM Y ASSHTO.

- **Hipótesis específica 2:** Existe mejora significativa en la fluencia por la adición de residuos plásticos en del pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura.

Para el segundo objetivo específico se encontró que el flujo o fluencia guarda una relación directamente proporcional con la adición de residuos plásticos a la mezcla asfáltica; es decir que esta característica aumenta con el mayor porcentaje de RP. En función a ello se presenta una mayor deformación, pero no sobrepasa; en ninguna de las briquetas, a lo que está permitido en norma (2 a 4mm), por lo que se puede deducir que; ya que siempre es necesario una que el pavimento flexible tenga una deformación bajo este rango para que no se rigidice, la incorporación de residuos plásticos le proporciona la deformación necesaria para que las partículas puedan tener la fluencia que requiere el pavimento, mejorando así esta propiedad.

Comparando los resultados de la presente tesis con los del trabajo de Berrío (2017), donde al diseñar una mezcla asfáltica tipo MSC-19 agregando PET, encontró que el flujo de solo la mezcla B, C y H reunían los criterios para el límite de flujo de especímenes de ensayo que corresponde a 3.5 mm donde de ellas solo la mezcla "C" exhibe un óptimo nivel de estabilidad; se halló que se acercan mucho a los del presente proyecto pues se obtuvo valores de 2.8mm, 3.2mm, 3.2mm y 3.9mm. es así que ambos cumplieron con las especificaciones.

Asimismo, se hizo la comparación con el trabajo Aimacaña (2017) donde evaluó el flujo en las muestras compactadas adicionadas con mezcla asfáltica con polímero, donde obtuvo un valor de fluencia de En el análisis de mezcla asfáltica tradicional que al compararse con la mezcla superficial para tránsito pesado obtuvo 10.6 mm (valor muy alto para su uso en pavimento flexible). A lo cual difirieron con los resultados del presente trabajo de investigación ya que si cumplieron con los parámetros indicados; de 2mm a 4 mm.

En este caso se tuvo la fortaleza de poder hacer 03 muestras para cada porcentaje de RP (5%, 5.5%, 6% y 6.5%) y al hacer el análisis estadístico mediante gráficas de dispersión en Ms Excel se puede aceptar la segunda hipótesis planteada.

- **Hipótesis específica 3:** La estabilidad se mejora significativamente con la adición de residuos plásticos en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura.

Para este objetivo se encontró que la estabilidad guarda una relación directamente proporcional con la adición de residuos plásticos a la mezcla asfáltica; es decir que esta característica aumenta con el mayor porcentaje de RP. Es decir, soporta un mayor peso que no disminuye de lo mínimo permitido en norma (815 lb), por lo que se puede deducir que, la incorporación de residuos plásticos le proporciona al pavimento una mayor resistencia, mejorando así esta propiedad. Asimismo, estos resultados no sobrepasan demasiado al mínimo porque si así fuera, el pavimento sería demasiado rígido y menos durable.

Al hacer la comparación de este resultado con el trabajo de Uribe (2020) donde efectuó la evaluación del mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas en el pavimento flexible adicionado polietileno y encontró la estabilidad aumentó a medida que se incorporaba el polietileno logrando una estabilidad máxima de 774 kgf (2.5% de polietileno). Según ello se halló que se acercan a los resultados del presente trabajo pues se cumplió la misma relación; directamente proporcional, sin embargo, el valor máximo fue de 502.58 lb (con 5.5% y 6% de RP), lo que está por debajo de los anteriores resultados.

Luego se compararon los resultados de la presente investigación con el proyecto de Osorio (2019) que el propósito de establecer la medida exacta para aplicar plástico reciclado que logre aumentar la funcionalidad en el pavimento flexible, donde tuvo un descenso cuando se usó el 5% de plástico reciclado y un ascenso máximo cuando se usa el 7% de plástico reciclado, se encontraron diferencias pues el valor mínimo de estabilidad de la presente tesis fue de 933 lb (con 6.5% de RP) y el máximo con fue de 1108 lb (con 5.5% y 6% de RP).

Asimismo, se tuvo la fortaleza de poder hacer 03 muestras para cada porcentaje de RP (5%, 5.5%, 6% y 6.5%) y al hacer el análisis estadístico mediante gráficas de dispersión en Ms Excel, aceptando así la tercera hipótesis planteada.

- **Hipótesis específica:** El porcentaje de vacíos disminuye con la adición de residuos plásticos en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura.

Por último, respecto a este objetivo se halló que el porcentaje de vacíos y los vacíos en la mezcla asfáltica guardan una relación inversamente proporcional a la adición de RP. Por el contrario, los vacíos llenos con cemento asfáltico se relacionan directamente a ella. Es así que, todas las mezclas (con 5%, 5.5%, 6% de RP) están fuertemente graduadas al tener una proporción específica de vacíos para permitir una mayor compactación bajo el tráfico y crearán vacíos en los que el asfalto podrá fluir durante esta compactación adicional.

Comparando este resultado con el trabajo de Aimacaña (2017), donde estudió el comportamiento en las muestras compactadas adicionadas con mezcla asfáltica, llegando a los valores de 4% en índice de vacíos, 13% de VMA y 68% de VLLCA (con 6.5% de polímeros), lo cual supera a los resultados del presente proyecto que presentó 3.5% de vacíos, 17.7% en VMA y 80% de VLLCA (con 6.5% de RP).

Se tuvo la fortaleza de poder hacer 03 muestras para cada porcentaje de RP (5%, 5.5%, 6% y 6.5%) y al hacer el análisis estadístico mediante gráficas de dispersión en Ms Excel, por lo cual se acepta la cuarta hipótesis planteada.

VI. CONCLUSIONES

- Se concluye que el efecto de la adición de los residuos de plástico contribuye a la mejora del comportamiento mecánico de pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura, pues se las gradaciones de las mezclas fueron continuas al cumplir con los requerimientos para los pasantes en cada una de las mallas cumpliendo con los parámetros, la fluencia y la estabilidad cumplió con los valores necesarios para que el pavimento no se rigidice y el porcentaje de vacíos ya que cumple con los parámetros, permitirá una mayor compactación bajo el tráfico y crearán vacíos en los que el asfalto podrá fluir durante esta compactación adicional.
- Se llegó a la conclusión de que la adición de los residuos de plástico en la mezcla asfáltica cumple con los estándares granulométricos para el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura, pues la granulometría de todas las muestras (con 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de RP) estuvo dentro de los límites máximos y mínimos establecidos por la ASTM D-5 para un pavimento asfáltico, no presentando ninguna alteración en la curva granulométrica para los pasantes de las distintas mallas.
- Se concluye que existe una mejora significativa en la fluencia por la adición de residuos plásticos en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura, pues guarda una relación directamente proporcional con la adición de residuos plásticos a la mezcla asfáltica pero no sobrepasa; en ninguna de las briquetas, a lo que está permitido en norma (2 a 4mm), por lo que se puede concluir que la incorporación de residuos plásticos le proporciona la deformación necesaria para que las partículas puedan tener la fluencia que requiere el pavimento, mejorando así el flujo.
- Se concluye que la estabilidad se mejora significativamente con la adición de residuos plásticos en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura, pues la estabilidad guarda una relación directamente proporcional con la

adición de residuos plásticos a la mezcla asfáltica, lo cual conlleva que soporte un peso mayor que no disminuya de lo mínimo permitido en norma (815 lb), de lo que se puede concluir que, la incorporación de residuos plásticos le proporciona al pavimento una mayor resistencia, mejorando así dicha propiedad.

- Se llegó a la conclusión de que el porcentaje de vacíos disminuye con la adición de residuos plásticos en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura, pues el porcentaje de vacíos, los vacíos en la mezcla asfáltica (VMA), guardan una relación inversamente proporcional a la adición de RP. Por el contrario, los vacíos llenos con cemento asfáltico (VLLCA), se relacionan directamente a ella, siendo así que, todas las mezclas (con 5%, 5.5%, 6% de RP) tienen una proporción óptima de vacíos lo cual permite una mejor compactación bajo el tráfico.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios más profundos del campo de análisis e investigaciones en cuanto a la variación del módulo de finura (si es posible más finos), analizando la influencia de diversos tamaños de diámetros de residuos plásticos en los agregados mixtos.
- Se recomienda el estudio de la estabilidad con el uso de residuos plásticos llevando a cabo el uso del este pavimento asfáltico en campo para así poder observar el comportamiento de dicha propiedad bajo el tráfico vial real y así establecer si se podrá dar una mejoría al momento de usar este material reciclable.
- En cuanto al flujo o fluencia, se recomienda realizar comparaciones de asfalto con RP y asfalto tradicional con el fin de observar los cambios y diferencias numéricas de dicha propiedad en ambos pavimentos flexibles, estableciendo si hay mejora con la mencionada comparación y así no desperdiciar material y ahorrar tiempo en el proceso de ensayos.
- Asimismo, se recomienda realizar investigaciones usando mayores porcentajes de adición de residuos plásticos como 1%, 1,5%,2% y 2.5%, para evaluarlo de la misma manera con el ensayo Marshall y así verificar si también cumplen con lo requerido en normas del MTC en cuanto al porcentaje de vacíos, VMA y VLLCA en la mezcla asfáltica para pavimento flexible.

REFERENCIAS

- Adrianzen, O., & al, e. (2022). Uso de distintos tipos de fibras para mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica: Una revisión literaria. *Infraestructura Vial*, 24(43). Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-37052022000100029&script=sci_arttext
- Ailar, S., & Nasser, N. (2021). El uso de residuos plásticos en asfalto: una revisión crítica sobre el diseño de mezclas asfálticas y las propiedades Marshall. *Construcción y Materiales de Construcción*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061821029299>
- Aimacaña, J. (2017). Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales. *Trabajo experimental. Universidad Técnica de Ambato*.
- Ajay, S. (2020). A technical review on use of waste material plastic in flexible pavement. *Dogo Rangang Research Journal*, 9-13. Obtenido de http://www.drsrcjournal.com/no_3_june_20/2.pdf?i=1
- Alkaissi, Z. (2020). Effect of high temperature and traffic loading on rutting performance of flexible pavement. *Journal of King Saud University*, 32(1), 1-4. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018363917303689>
- Ayesha, M. (2022). A mini-review on the use of plastic waste as a modifier of the bituminous mix for flexible pavement. *Cleaner Materials*, 1-11. Obtenido de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2772397622000193?token=2EC241A6B21269FF90536DEC2B79EFF3D2A97D5D589AD2F5D272B7C88D6B812B46ED565A9C468E45A5B10E162C723DF2&originRegion=us-east-1&originCreation=20220426060018>
- 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 investigación. Universidad Nacional de Colombia*.
- Bobadilla, J., & al, e. (2022). Uso de polímeros en asfalto: una revisión. *Revista Gaceta Técnica*, 94-109. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5703/570369777007/html/>

- Chhazed, A., & al, e. (2019). Utilization of PET waste in plastic Bricks, Flexible Pavement & as alternative constructional Material - A review. *International Journal of Applied Engineering Research*, 14(3), 616-620. Obtenido de http://ripublication.com/ijaer19/ijaerv14n3_04.pdf
- De Sousa, C., & et, a. (2017). Importance of using basic statistics adequately in clinical research. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, 67(6), 619-625. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/rba/a/N5PgBCrzhDkfrbX8QXsctHx/?format=pdf&lang=en>
- Diago, K. (2021). Uso de polímeros en la construcción de palcas viales autosostenibles en la zona Sabana de Bogotá. *Trabajo de grado. Universidad Militar Nueva Granada*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37854/DiagoCaicedoKarenTatiana2021.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dominguez, H., & Yovera, E. (2020). Análisis del efecto de los polímeros en los asfaltos provenientes de la refinería de Talara a fin de mejorar su comportamiento para su aplicación en los pavimentos de la Ciudad de Piura, Departamento de Piura. *Proyecto de Tesis. Universidad Privada Antenor Orrego*. Obtenido de https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/7237/1/REP_INCI_HORACIO.DOMINGUEZ_EDGARDO.YOVERA_AN%C3%81LISIS.EFECTO.POL%C3%8DMEROS.ASFALTOS.PROVENIENTES.REFINER%C3%8DA.TALARA.MEJORAR.COMPORTAMIENTO.APLICACI%C3%93N.PAVIMENTOS.PIURA.pdf
- Gautam, P., & et, a. (2018). Sustainable use of waste in flexible pavement: A review. *Construction and Building Materials*, 239-253. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818308699>
- Gavilanes, E. (2022). Estudio del efecto de la adición de emulsión asfáltica en las propiedades físico-mecánicas de suelos granulares, para el diseño de pavimentos flexibles. *Trabajo experimental. Universidad Técnica de Ambato*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34104/1/Tesis%20I.C.%201553%20-%20Gavilanes%20Pozo%20Erika%20Samantha.pdf>

- Kumar, R., & Khan, M. (2020). Use of plastic waste along with Bitumen in construction of flexible pavements. *Pramana Research Journal*, 10(1), 115-124. Obtenido de <https://www.pramanaresearch.org/gallery/prj-p1437.pdf>
- López, C., & al, e. (2017). Study of warem mix asphalt with super stabilized emulsion. *Revista Ingeniería de Construcción*, 32(1), 57-63. Obtenido de https://www.scielo.cl/pdf/ric/v32n1/en_art06.pdf
- López, G., & Alonso, C. (2020). Análisis granulométrico de suelos por tamizado (UNE 103 101). *Universitat Politècnica de Valencia*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/141037>
- Marcillo, V. (2018). Evaluación del desempeño del hormigón asfáltico con plástico polietileno reciclado para vías de segundo orden. *Proyecto de investigación. Universidad Laica Vicente Rocafuerte*. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2354/1/T-ULVR-2151.pdf>
- Mensahn, E., & al., e. (2020). Flexible pavement: A review on the influence of waste rubber pasticles in asphalt and asphalt mixtures. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 7(9), 3250-3260. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Lameck_Lugeiyamu2/publication/355296040_Utilization_of_waste_polyethylene_terephthalate_PET_as_partial_replacement_of_bitumen_in_stone_mastic_asphalt/links/61718565c10b387664cdab63/Utilization-of-waste-polyethylene-ter
- Merluza, S., & al, e. (2020). Use of Plastic Waste in Bituminous Mixtures for Flexible Pavement. *Transport Investigation Procedure*, 3779-3785. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146520304579>
- Misal, A., & Datta, S. (2019). Experimental Study of Partial Replacement of Natural Aggregates and Bitumen with Reclaimed Asphalt Pavement and Waste Plastic in Flexible Pavement - A Review. *International Journal of Recent Trends in Engineering & Research*, 5(7), 21-27. Obtenido de https://web.archive.org/web/20200709225301id_/https://www.ijrter.com/papers/volume-5/issue-7/experimental-study-of-partial-replacement-of-natural-aggregates-and-bitumen-with-reclaimed-asphalt-pavement-and-waste-plastic-in-flexible-pavement-a-review.pdf
- Modera, E. (2018). Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica densa en caliente con adición de polipropileno. *Trabajo de investigación. Universidad Católica de Colombia*. Obtenido de

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16379/1/Trabajo%20de%20Grado.pdf>

- Nkanga, U., & al., e. (2017). Characterization of Bitumen/Plastic Blend for flexible pavement application. *International Conference on Sustainable Materials Processing and Manufacturing*, 490-496. Obtenido de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2351978916302141?token=8F295F58EA11BF9255ED5161D39C67A6104B2ACDFCCF6B77C2E7D69FA0DFE42CADF56525AF3069431890C1575AFDBC49&originRegion=us-east-1&originCreation=20220426063715>
- Ogundairo, A., & al, e. (2021). A review on plastic waste as sustainable resource in civil engineering applications. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 1-14. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1036/1/012019/pdf>
- Osorio, O. (2019). Aplicación de plástico reciclado para mejorar la funcionalidad del pavimento flexible de la Vía auxiliar - Av. Universitaria Asociación Apavic - Carabayllo - Lima - 2019. *Tesis. Universidad César Vallejo*.
- Radhi, M. (2021). Utilization of waste plastic in Geotechnical Engineering Applications in Iraq: A Review. *Journal of techniques*, 3(4), 9-14. Obtenido de <https://www.journal.mtu.edu.iq/index.php/MTU/article/view/351/102>
- Rajput, B., & al, e. (2021). Characterization of waste plastic in flexibe pavement. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 1-8. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1136/1/012055/pdf>
- Ranadive, M., & Tapase, A. (2016). Parameter sensitive analysis of flexible pavement. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 466-472. Obtenido de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1996681416300426?token=91ED9A831EE37430994FCF2C3C9D8AA30B35EBE6B57B0E285EBEFD2E9074F0B38F259EDD757A03226525B4CE182A1DF7&originRegion=us-east-1&originCreation=20220426061546>
- Rodriguez, T., & al., e. (2021). Applicaetion of Plastic Wastes in Construction Materials: A review using the concept of life-cycle assessment in te. *Materials*, 1-19. Obtenido de <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/13/3549/htm>
- Salazar, W. (2020). Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2019.

- Tesis. Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50498/Salazar_ZWG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Saravia, P., & Vejarano, F. (2019). Influencia de la adición de policloruro de vinilo reciclado sobre la compactación, capacidad de soporte y resistencia a la abrasión de un material granular par capa base del pavimento flexible de la carretera Huancayo - Santiago de Cao. *Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Trujillo.*
- Saride, S., & al., e. (2019). Reliability Perspective on Optimum Design of Flexible Pavements for Fatigue and Rutting Performance. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements, 145(2)*. Obtenido de <https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/JPEODX.0000108>
- Saucedo, J., & al., e. (2020). Uso de los agregados PET en la elaboración del concreto: revisión de la literatura. *AVANCES: Investigación en ingeniería, 1-12*. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/6942/6854>
- Shenghua, W., & Montalvo, L. (2021). Reutilización de plásticos de desecho en materiales de pavimento de asfalto más limpios: una revisión crítica de la literatura. *Revista de producción más limpia, 280(2)*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620344000>
- Shukla, S. (2020). Concept of population and sample. *How to write a Research paper?* Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/346426707_CONCEPT_OF_POPULATION_AND_SAMPLE
- Singh, A., & Sahoo, J. (2021). Rutting prediction models for flexible pavement structures: a review of historical and recent developments. *Journal of Traffic and Transportation Engineering, 8(3)*, 315-338. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095756421000453>
- Singh, S., & Kannaujiya, V. (2019). Use of waste plastic material in bituminous concrete mixes. *International Journal of Multidisciplinary Educational Research, 137-145*. Obtenido de [http://ijmer.s3.amazonaws.com/pdf/volume8/volume8-issue6\(2\)-2019.pdf#page=145](http://ijmer.s3.amazonaws.com/pdf/volume8/volume8-issue6(2)-2019.pdf#page=145)

- Uribe, J. (2020). Aplicación del Polietileno (PET) en pavimento flexible para determinar el comportamiento físico-mecánico en la Av. Los Geranios, Huaral 2020. *Tesis de pregrado. Universidad César Vallejo*. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/54387/Uribe_QJF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vasquez, R., & al, e. (2020). Uso de aditivos adherentes en el diseño de mezclas asfálticas en caliente: una revisión. *Revista Gaceta Técnica*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/5703/570365587003/>
- Wissam, A.-S. (2020). Using Crum Rubeer to Improve the Bituminou Mixes: Experimental Investigation of Rutting Behavior of Flexible Asphalt Mix for Road Construction. *Journal of Physics: Conference Series*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/342044053_Using_Crumb_Rubber_to_Improve_the_Bituminous_Mixes_Experimental_Investigation_of_Rutting_Behavior_of_Flexible_Asphalt_Mix_for_Road_Construction
- Zenteno, S. (2018). Efecto de la estabilización de suelos finos con tereftalato de polietileno como material de refuerzo en la estructura de pavimentos flexibles del distrito de Puno. *Tesis. Universidad Nacional del Altiplano*. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8150>
- Zevallos, F., & Muñoz, S. (2020). Factores influyentes en la resistencia al deslizamiento en pavimento flexibles: una revisión literaria. *Ciencia Nicolaita #81*, 83-99. Obtenido de <https://cic.umich.mx/ciencianicolaita/cn/article/view/535/411>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Operacionalización

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Residuos plásticos	Los residuos plásticos o “polímeros” se definen como moléculas grandes que se forman por la agrupación de distintas unidades simples repetidas (monómeros) (Saravia y Vejarano, 2019, p. 47).	Se determinarán los residuos plásticos adecuados según la dosis correcta para la obtención de un pavimento flexible óptimo.	Proporción adecuada de residuos plásticos	Porcentaje de residuos plásticos	%
			Diseño de la mezcla con los residuos plásticos	Granulometría	%
				Estabilidad Marshall	cm
Pavimento flexible	Son pavimentos que se componen por una o distintas capas de mezcla asfálticas que se encarga de transmitir las cargas que se concentran y sus deformaciones en las capas inferiores en un área pequeña logrando la deformación en la carga aplicada (Saravia y Vejarano, 2019, p. 31-31).	Se aplicará los residuos plásticos para el estudio sobre el comportamiento mecánico del pavimento flexible.	Resistencia	Estabilidad / flujo	Intervalo
			Prueba de flexión	Rigidez	Intervalo
				Adherencia	
			Dosificación	% de vacíos de agregados	%
				Vacíos del agregado mineral	
Cohesión	Estabilidad				
Lavado asfáltico	Granulometría de agregados				

Anexo 2: Matriz de Operacionalización

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
TEMA	PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	MÉTODO
"Efecto de la adición de los residuos plásticos en el comportamiento mecánico de pavimento flexible, Piura"	¿Cuál es el efecto de la adición de los residuos de plástico en el comportamiento mecánico de pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura?	Analizar el efecto de la adición de los residuos de plástico en el comportamiento mecánico de pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura.	El efecto de la adición de los residuos de plástico contribuye a la mejora del comportamiento mecánico de pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura.	TIPO: Aplicada DISEÑO: Experimental
	(1) ¿Qué efecto tiene la adición de residuos plásticos en la granulometría de la mezcla asfáltica del pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura? (2) ¿En qué medida la adición de residuos plásticos mejora la fluencia del pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura?	(1) Evaluar el efecto de la adición de los residuos de plástico en la granulometría de la mezcla asfáltica del pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura (2) Determinar el nivel de fluencia con la adición de residuos plásticos en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura.	(1) La adición de los residuos de plástico en la mezcla asfáltica cumple con los estándares granulométricos para el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura. (2) Existe mejora significativa en la fluencia por la adición de residuos plásticos en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura?	

	<p>(3) ¿En qué medida la adición de residuos plásticos mejora la estabilidad del pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura?</p> <p>(4) ¿Cuál es el efecto de la adición de residuos plásticos en el porcentaje de vacíos del pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura?</p>	<p>(3) Determinar el nivel de estabilidad con la adición de residuos plásticos en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura,</p> <p>(4) Determinar el porcentaje de vacíos con la adición de residuos plásticos para mejorar el comportamiento mecánico en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura.</p>	<p>(3) La estabilidad se mejora significativamente con la adición de residuos plásticos en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura.</p> <p>(4) El porcentaje de vacíos disminuye con la adición de residuos plásticos en el pavimento flexible en la Av. Richard Cushing – Piura.</p>	
--	---	---	---	--

Anexo 03: Análisis granulométrico

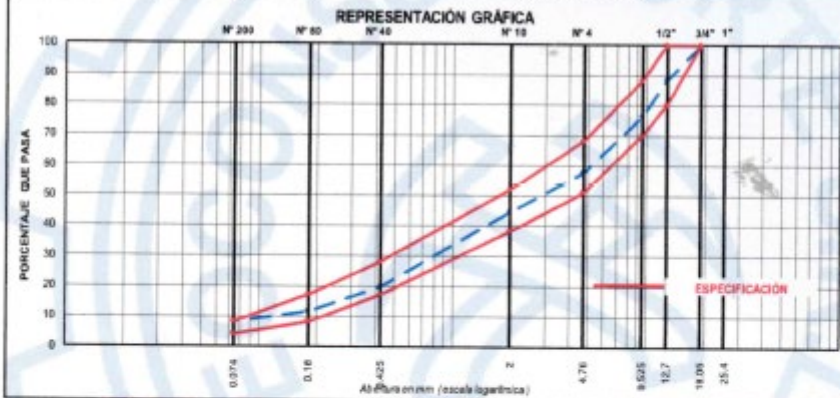


OBRA:	EFFECTO DE LA ADICION DE LOS RESIDUOS PLASTICOS EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, PIURA
UBICACIÓN:	PIURA
UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
TERCETA:	AMAYA SANDOVAL, MAYRA ALEJANDRA
FECHA:	05 DE MAYO DEL 2021
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM C 136 (MTC E 204-2000)	

Contorno:	QUEBRADA DEBORA,	Certificado:	TC-001
Material:	Mezcla Asfáltica	Realizado Por:	M. BIANCHI
Muestra:	Planta de Asfalto Murgisa	Responsable:	M. BIANCHI
Fecha:	5 de mayo de 2021		

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO
LAVADO N° 01

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. MAC - 2	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			retenido	acumulado	que pasa		
1 1/2"	38.100					TAMAÑO MÁXIMO 3/4"	
1"	25.400					Hora de lavado 10:25	
3/4"	19.050				100.0	Peso de material sin lavar 1000.00 gr	
1/2"	12.700	118.0	11.7	11.7	88.3	Peso de material lavado 942.00 gr	
3/8"	9.525	114.0	12.1	23.7	76.3	Peso mat. lav + filtro extracto 943.50 gr	
N°4	4.750	175.0	18.5	42.3	57.7	Peso del asfalto 56.5 gr	
N° 10	2.000	125.0	13.2	55.5	44.5	Peso inicial del filtro 20.00 gr	
N° 40	0.425	234.0	24.8	80.3	19.7	Peso final del filtro 21.50 gr	
N° 80	0.180	79.0	8.4	88.7	11.3	Peso del filler en filtro 1.5 gr	
N° 200	0.074	33.0	3.4	92.1	7.9	Peso del asfalto 50.5 gr	
< 200	-	74.5	7.9	100.0	4.8	Contenido de asfalto 3.65 %	
						Relación Polvo - Asfalto 1.40	



OBSERVACIONES: MUESTRA ENSAYADA EN EL LABORATORIO DE LA EMPRESA MURGISA EN LA PLANTA DE ASFALTO


Dr. Hipólito Tume Chapa
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP. N° 17604

Anexo 04: Diseño Marshal: Contenido de Asfalto 5.3%



ENSAYO MARSHALL

OBRA:	EFFECTO DE LA ADICION DE LOS RESIDUOS PLASTICOS EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, PIURA
UBICACIÓN:	PIURA
UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
TESISTA:	AMAYA SANDOVAL, MAYRA ALEJANDRA
FECHA:	05 DE MAYO DEL 2021

MUESTRA: I										
MALLA:	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200
ESPEC:	100	100	80/100	70/90	50/70	35/50	19/29	13/23	8/16	4/10
MUESTRA:										

N° BRQUETAS	1	2	3
1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.3	5.3	5.3
2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	37.9	37.9	37.9
3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA	55.40	55.40	55.40
4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA	1.4	1.4	1.4
5) PESO ESPECIFICO DEL C.A	1.000	1.000	1.000
6) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. GRUESO	2.752	2.752	2.752
7) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. FINO	2.696	2.696	2.696
8) PESO ESPECIFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA			
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1220.3	1243.5	1240.2
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1220.3	1243.5	1240.2
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	708.3	714.3	725.0
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	508.3	530.0	536.2
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0
15) VOLUMEN -	0.0	0.0	0.0
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	508.3	530.0	536.2
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0
18) VOLUMEN AOPTADO	508.3	530.0	536.2
19) PESO UNITARIO (10 : 18)	2.401	2.346	2.313
20) $D = \frac{100}{\frac{1}{5} + \frac{2}{6} + \frac{3}{7} + \frac{4}{8}}$ MAX. DENS. TEOR.	2.524	2.524	2.524
21) % VACIOS = 100(20-19)/ 20	4.88	7.04	8.36
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,750	1,795	1,785
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.95	0.94
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1750	1705	1678
25) FLUJO	11	10	12.5
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENSIDAD AP. ARIDOS	2.274	2.222	2.190
27) $Dl = \frac{2}{2} + \frac{3}{3} + \frac{4}{4}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	2.686	2.686	2.686
28) V.M.A. = 100 (27-26)/27	15.35	17.28	18.45
29) VACIOS LLENADOS C.A $\frac{L \times 19 \times 100}{VMA}$	82.88	71.80	66.43

OBSERVACIONES :

Hitucha
Dr. Hipólito Tume Chapa
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP. N° 17604

Anexo 05: Resultados de laboratorio: Contenido de Asfalto 5.6%



ENSAYO MARSHALL

MUESTRA N°2

OBRA :	EFECTO DE LA ADICION DE LOS RESIDUOS PLASTICOS EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, PIURA										
UBICACION :	PIURA										
UNIVERSIDAD :	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO										
TESISTA :	AMAYA SANDOVAL, MAYRA ALEJANDRA										
FECHA :	05 DE MAYO DEL 2021										

MALLA :	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200
ESPEC :	100	100	80/100	70/90	40/75	35/50	19/29	13/23	0/16	4/10
MUESTRA :										

N° BRIQUETAS	1	2	3
1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.6	5.6	5.6
2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	37.6	37.6	37.6
3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA	55.20	55.20	55.20
4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA	1.4	1.4	1.4
5) PESO ESPECIFICO DEL C.A	1.000	1.000	1.000
6) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. GRUESO	2.752	2.752	2.752
7) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. FINO	2.696	2.696	2.696
8) PESO ESPECIFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA			
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1226.3	1224.2	1238.5
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1226.3	1224.2	1238.5
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	710.2	713.2	712.8
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	516.1	511.0	525.7
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0
15) VOLUMEN PARAFINA 14P/E DE LA PARAF.	0.0	0.0	0.0
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	512.2	509.2	520.3
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0
18) VOLUMEN ADOPTADO	512.2	509.2	520.3
19) PESO UNITARIO (10 : 18)	2.394	2.404	2.381
20) $D = \frac{100}{1/5 + 2/6 + 3/7 + 4/8}$ MAX. DENS. TEOR.	2.517	2.517	2.517
21) % VACIOS = 100 (20-19)/ 20	4.86	4.46	5.40
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,930	1,939	1,934
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.96	0.93
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1930	1861	1799
25) FLUJO	12.4	11.5	11
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENSIDAD AP. ARIDOS	2.260	2.270	2.247
27) $Df = \frac{2 + 3 + 4}{2/6 + 3/7 + 4/8}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	0.000	0.000	0.000
28) V.M.A. = 100 (27-26)/27	2.686	2.686	2.686
29) VACIOS LLENADOS C.A $\frac{L - 19}{L} \times 100$	15.86	15.51	16.33
VMA	84.54	71.80	81.62

OBSERVACIONES :

Franco
Dr. Hipólito Tume Chapa
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP. N° 17604

Anexo 06: Resultados de laboratorio: Contenido de Asfalto 5.9%



GEOCONSUL NORTE S.R.L.
 GEOLOGÍA, GEOTECNIA CONSULTORES NORTE S.R.L.
 Especialistas en Geología, Geotecnia y Mecánica de Suelos

ENSAYO MARSHALL

MUESTRA N°3

OBRA:	EFFECTO DE LA ADICION DE LOS RESIDUOS PLASTICOS EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, PIURA									
UBICACIÓN:	PIURA									
UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO									
TESTISTA:	AMAYA SANDOVAL, MAYRA ALEJANDRA									
FECHA:	05 DE MAYO DEL 2021									
MALLA:	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200
ESPEC:	100	100	80/100	70/90	50/70	35/50	19/29	13/23	8/16	4/10
MUESTRA:										

N° BRIQUETAS	1	2	3
1) C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.9	5.9	5.9
2) AGREG. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA	37.6	37.6	37.6
3) AGREG. FINO EN PESO DE LA MEZCLA	55.10	55.10	55.10
4) AGREG. FILLER FINO EN PESO DE LA MEZCLA	1.4	1.4	1.4
5) PESO ESPECIFICO DEL C.A	1.000	1.000	1.000
6) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. GRUESO	2.752	2.752	2.752
7) PESO ESPECIFICO DEL AGREG. FINO	2.696	2.696	2.696
8) PESO ESPECIFICO DEL FILLER	3.15	3.15	3.15
9) ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA			
10) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	1234.5	1232.0	1236.7
11) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AIRE	1234.5	1232.0	1236.7
12) PESO DE LA BRIQ. MAS PARAFINA AL AGUA	712.3	719.5	718.4
13) VOLUMEN DE LA BRIQ. MAS PARAF. (11-12)	520.5	508.2	516.2
14) PESO DE LA PARAFINA (11-10)	0.0	0.0	0.0
15) VOLUMEN PARAFINA 14P.E DE LA PARAF.	0.0	0.0	0.0
16) VOLUMEN BRIQ. POR DESPLAZAMIENTO (13-15)	520.5	508.2	516.2
17) VOLUMEN GEOMETRICO (9 x 81.07)	0.0	0.0	0.0
18) VOLUMEN AOPTADO	520.5	508.2	516.2
19) PESO UNITARIO (10 : 18)	2.372	2.424	2.396
20) $D = \frac{100}{1/5 + 2/6 + 3/7 + 4/8}$ MAX. DENS. TEOR.	2.500	2.500	2.500
21) % VACIOS = $100 (20-19)/20$	5.13	3.03	4.17
22) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1,915	1,935	1,925
23) FACTOR DE ESTABILIDAD	1.00	0.96	0.93
24) ESTABILIDAD CORREGIDA (22 x 23)	1920	1858	1790
25) FLUJO	13	12	13
26) $L = 19 (100-1/100)$ DENSIDAD AP. ARIDOS	2.232	2.281	2.254
27) $Dl = \frac{2 + 3 + 4}{2/6 + 3/7 + 4/8}$ (P.ESP. PROM. ARIDOS)	2.686	2.686	2.686
28) V.M.A. = $100 (27-26)/27$	16.91	15.07	16.07
29) VACIOS LLENADOS C.A $Lx 19x 100$ VMA	80.20	71.80	83.20

OBSERVACIONES :

Fuente
Dr. Hipólito Tume Chapa
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP. N° 17604

Anexo 07: Diseño Marshall: Contenido óptimo de Asfalto 5.7%



DISEÑO MARSHALL DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE
METODO ASTM D 1559

OBRA :	EFFECTO DE LA ADICION DE LOS RESIDUOS PLASTICOS EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, PIURA
UBICACIÓN	PIURA
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
TESISTA	AMAYA SANDOVAL, MAYRA ALEJANDRA
FECHA:	05 DE MAYO DEL 2021
TRAFICO :	PESADO
PEN :	60/70

I.- MATERIALES PETREOS -

* PIEDRA CHANCADA (45.0% DE 1/2") CANTERA QUEBRADA LA DEBORA

* MEZCLA DE ARENAS (55.0 %) - 50% A. GRUESA CANT. QUEBRADA PARIÑAS + 50.0% A. FINA CANT. QUEBRADA PARIÑAS

II.- DOSIFICACION -

AGRÉGADOS	DOSIF. AGRÉG.	DOSIF. MEZCLA	P.E. " BULL "	P.E. APARENTE
PIEDRA CHANCADA 1/2"	45%	45	2.752	1.554
ARENA GRUESA QBRDA PARIÑAS		27.5		
ARENA FINA QBRDA PARIÑAS	50%	22.5	2.694	1607
RESIDUOS PLASTICOS	5%	5	2.698	1609

III.- CARACTERISTICAS DEL DISEÑO MARSHALL

		ESPECIFICACIONES
CONTENIDO OPTIMO PEN 60/70	33.0 Gb/m ³	5.70%
ESTABILIDAD (LBS)		2150
FLUJO (0.01")		11.82
VACIOS EN LA MEZCLA (%)		8 ... 16
PESO UNITARIO (GR / CC)		4.9
VACIOS EN EL AGRÉG. MINERAL (VMA)		3 ... 5
VACIOS EN EL AGRÉG. MINERAL (VMA)		2384
VACIOS EN EL AGRÉG. MINERAL (VMA)		15.70
VACIOS LLENADOS CON C. ASF. (RBV)		> 14
		79.80
		< 80

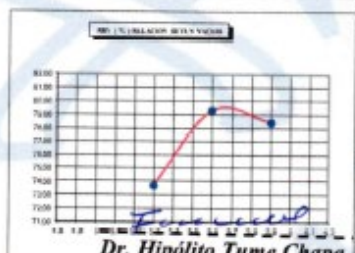
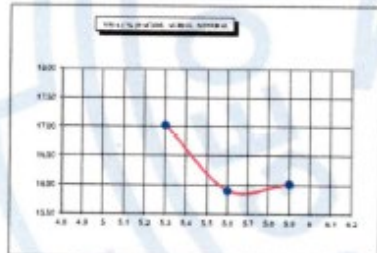
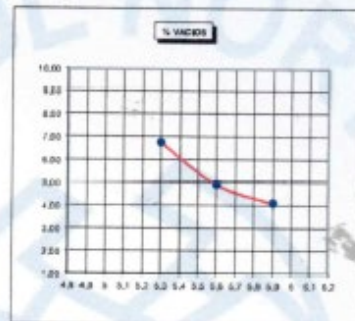
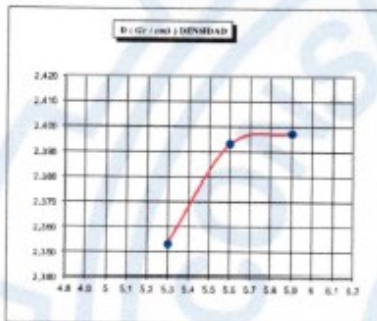
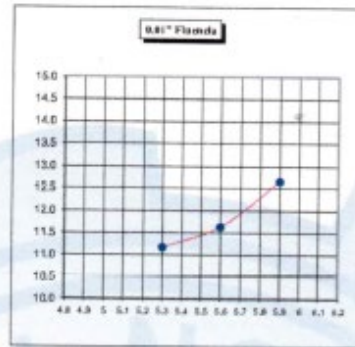
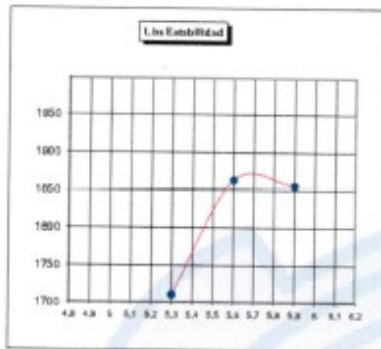
Firma
Dr. Hipólito Tume Chapa
INGENIERO GEOLOGO
CIP. N° 17604

Anexo 08: Diseño Marshall: Diagramas



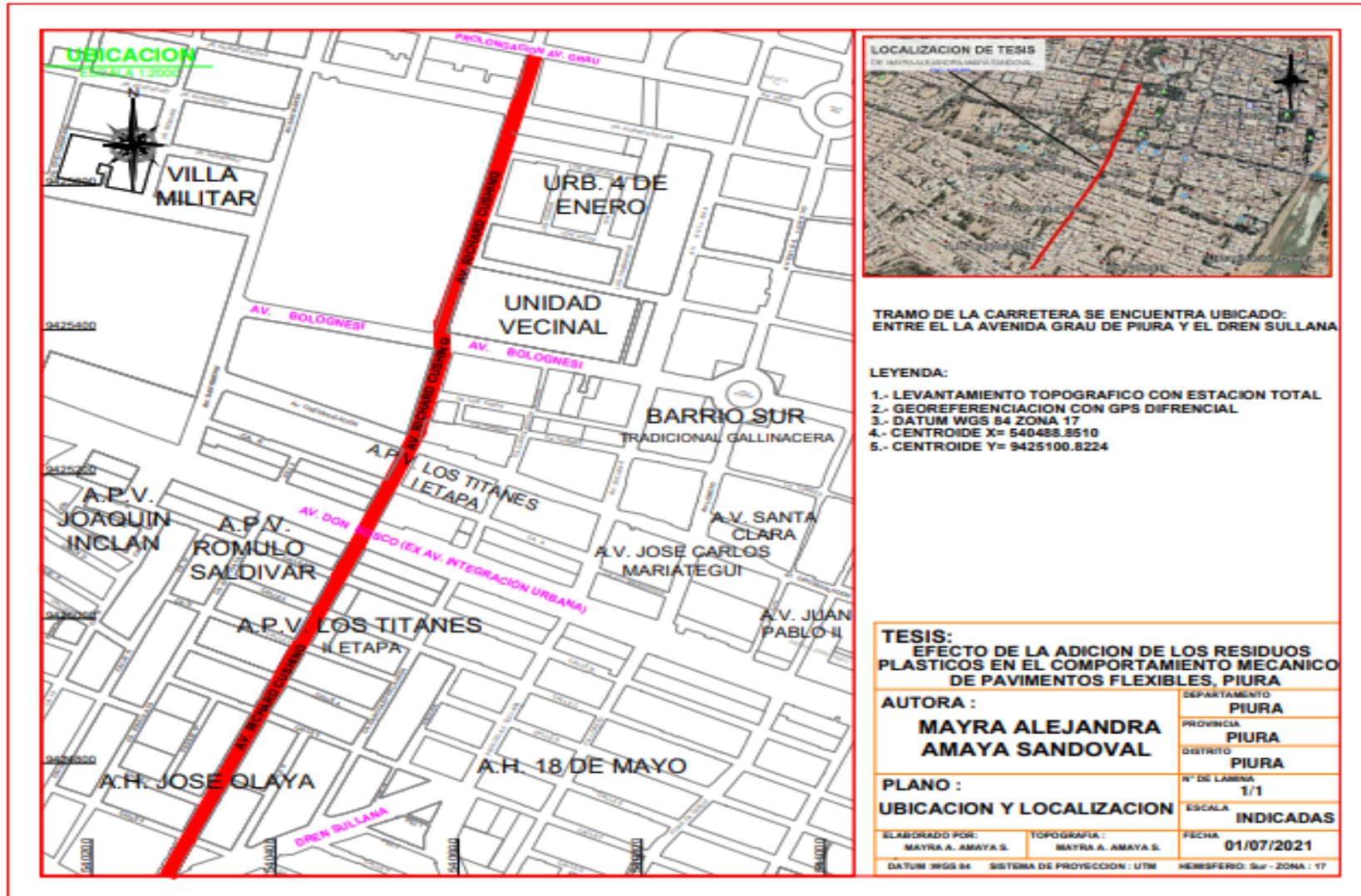
OBRA:	EFEECTO DE LA ADICION DE LOS RESIDUOS PLASTICOS EN EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, PIURA
UBICACIÓN:	PIURA
UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
TESISTA:	AMAYA SANDOVAL, MAYRA ALEJANDRA
FECHA:	05 DE MAYO DEL 2021

DIAGRAMAS ENSAYO MARSHALL



Dr. Hipólito Tume Chapa
INGENIERO GEOLOGO
 CIP. N° 17604

Anexo 09: Fotos de la Zona



Anexo 11: Ubicación y localización









Análisis de laboratorio













UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, HERMER ERNESTO ALZAMORA ROMAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "EFECTO DE LA ADICIÓN DE LOS RESIDUOS DE PLÁSTICOS EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE PAVIMENTO FLEXIBLE, PIURA", cuyo autor es AMAYA SANDOVAL MAYRA ALEJANDRA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14

00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

PIURA, 09 de Febrero del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
HERMER ERNESTO ALZAMORA ROMAN DNI: 03303253 ORCID: 0000-0002-2634-7710	Firmado electrónicamente por: HALZAMORA el 14- 02-2022 22:50:57

Código documento Trilce: TRI - 0288962