



**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**Diseño de mezclas asfálticas con pavimento  
reciclado para el mejoramiento mecánico en la  
carretera Lambayeque – Illimo**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER  
EN INGENIERIA CIVIL**

**Autores:**

Robles Godier Nicolas Reynaldo  
<https://orcid.org/0009-0007-2753-9291>

Cerna Llanos Wilmer Alexis  
<https://orcid.org/0000-0002-5175-9709>

**Asesora:**

PhD. Heredia Llatas Flor Delicia  
<https://orcid.org/0000-0001-6260-9960>

**Línea de Investigación**

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la  
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e  
Infraestructura**

**Pimentel – Perú**

**2024**



Universidad  
Señor de Sipán


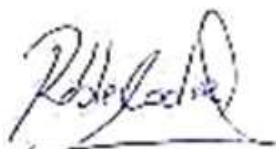
### DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(imos) la **DECLARACIÓN JURADA**, soy(somos) Elija un elemento del Programa de Estudios de Haga clic o pulse aquí para escribir texto.de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

#### **Diseño de mezclas asfálticas con pavimento reciclado para el mejoramiento mecánico en la carretera Lambayeque - Illimo**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Cerna Llanos Wilmer Alexis	DNI: 72382212	
Robles Godier Nicolas Reynaldo	DNI: 70910531	

Pimentel, 26 de agosto de 2024

PAPER NAME

**Documento sin título**

AUTHOR

-

WORD COUNT

**4863 Words**

CHARACTER COUNT

**26780 Characters**

PAGE COUNT

**29 Pages**

FILE SIZE

**32.2KB**

SUBMISSION DATE

**Aug 27, 2024 12:40 AM GMT-5**

REPORT DATE

**Aug 27, 2024 12:41 AM GMT-5****● 21% Overall Similarity**

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 19% Internet database
- 14% Submitted Works database
- 0% Publications database

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación a mis padres, por su amor incondicional, su constante apoyo y por ser mi mayor fuente de inspiración. A mis seres queridos, que han estado a mi lado en cada paso de este camino, brindándome su aliento y fortaleza. Y a todos aquellos que creen en el poder de la educación y el esfuerzo, este logro es también suyo.

### **Agradecimiento**

Agradecemos nuestro más profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo de investigación. A nuestros docentes, por compartir sus conocimientos y experiencias que han sido fundamentales para nuestra formación académica. A nuestra familia, por su amor incondicional, su constante motivación y por ser mi mayor fuente de inspiración.

## **Resumen**

El presente trabajo aborda el diseño de mezclas asfálticas utilizando pavimento reciclado para el mejoramiento mecánico de la carretera Lambayeque – Illimo a Jayanca. La utilización de materiales reciclados en la construcción vial se está volviendo cada vez más habitual debido a sus ventajas ambientales y económicas. En este estudio, se analizaron diferentes proporciones de pavimento reciclado en la mezcla asfáltica, evaluando su impacto en las propiedades mecánicas del pavimento resultante. Se optó por pruebas de laboratorio para determinar la resistencia a la deformación, la durabilidad, y el desempeño bajo cargas repetitivas de las mezclas. Los resultados mostraron que la incorporación de pavimento reciclado en las mezclas asfálticas no solo es viable, sino que también mejora ciertas características mecánicas del pavimento, como la resistencia a la fatiga y la capacidad de carga. Este enfoque promueve una construcción más sostenible y eficiente, reduciendo la necesidad de nuevos materiales y disminuyendo los costos de mantenimiento a largo plazo.

**Palabras clave:** pavimento reciclado, mezcla asfáltica, mejoramiento mecánico, carretera, sostenibilidad.

**Abstract**

This paper addresses the design of asphalt mixtures using recycled pavement for the mechanical improvement of the Lambayeque – Illimo to Jayanca highway, specifically at kilometer 26. The use of recycled materials in road construction is an increasingly common practice due to its environmental and economic benefits. In this study, different proportions of recycled pavement in the asphalt mixture were analyzed, evaluating their impact on the mechanical properties of the resulting pavement. Laboratory tests were performed to determine the deformation resistance, durability, and performance under repetitive loads of the mixtures. The results showed that the incorporation of recycled pavement in asphalt mixtures is not only viable, but also improves certain mechanical characteristics of the pavement, such as fatigue resistance and load capacity. This approach promotes more sustainable and efficient construction, reducing the need for new materials and decreasing long-term maintenance costs.

**Keywords:** recycled pavement, asphalt mixture, mechanical improvement, road, sustainability.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Las últimas 5 décadas se ha visto que las vías de transporte cuentan con diversas fallas ya sean superficiales y/o estructurales esto con el tiempo se echó muy notorio, en algunos casos existen vías asfálticas que han llegado a su final de su vida útil por lo que no atienden las necesidades técnicas que deben cumplir. En consecuencia, se generan una serie de molestias, insatisfacción y pérdidas, en los usuarios [1].

En Europa, se calcula que más del 90% de 5,2 millones de km de carreteras y autopistas pavimentadas están revestidas con materiales asfálticos [2]. En Estados Unidos, más del 92% de los 4 millones de km en vías que se encuentran recubiertos de asfalto. Canadá tiene unos 415.000 km de carreteras pavimentadas y México unos 178.000 km [3]. En cuanto a las carreteras pavimentadas, el porcentaje de carreteras de asfalto en Canadá es de alrededor del 90% y en México del 96% [4].

Cabe precisar que el tiempo útil de un pavimento asfáltico se estima de 10 a 15 años, sin embargo, se debe considerar que los pavimentos flexibles se le debe dar mantenimiento constante [5].

Con el constante aumento del kilometraje en carreteras de todo el mundo, el enfoque de construcción de pavimentos se ha desplazado de la construcción de nuevos pavimentos al mantenimiento y la rehabilitación de los mismos, a esto le añadimos que las enormes cargas medioambientales y los consumos de capital correspondientes plantean grandes retos a fin de alcanzar un desarrollo sostenible [6].

Es preciso señalar que el desarrollo económico de cualquier nación está relacionada directamente con la infraestructura ya sea marítima, terrestre, fluvial aeroportuaria, es por ello que hoy en día el desarrollo económico de cualquier país tienen la necesidad aumentar cada día más carreteras ya sea interdepartamentales, intermunicipales y urbana, esto conlleva a que se genera una gran cantidad de material de pavimento destruido, el cual se origina en consecuencia al mantenimiento, reparación y reestructuración de

la vía, por lo que gran cantidad de residuos son llevados a acopio, la gran mayoría termina en terrenos o cauces de ríos generando una alta contaminación ambiental asimismo la actual escasez de recurso no renovable [7]. Ho Chi Minh presenta un sistema de pavimento flexible que sufre cada vez más daños por diversas razones, como la carga de tráfico pesado y la limitación del procedimiento de mantenimiento [8].

La construcción de nuevos pavimentos de carreteras de asfalto, tal como su mantenimiento tradicional, requiere el uso de una gran cantidad de recursos no renovables, lo que tiene importantes impactos ambientales y económicos negativos [9].

Además de lo antes mencionado se tiene de conocimiento que la preocupación a nivel mundial es la preservación del medio ambiente, ya que es la pieza fundamental de las metas que se plantea cualquier empresa de múltiples sectores, es por ello, la constante búsqueda de nuevos materiales que contribuyan no solo al gran avance de la conservación del mismo, sino que además infiera en el ámbito económico es decir una reducción de costos [10]. En conclusión, las exigencias que hoy en día se tiene, tanto como medioambientales y de seguridad están dando lugar a nuevos proyectos de carreteras con más exigencia y de presupuesto, esto conlleva la necesidad de generar tecnología y metodología que aporten a un futuro mejor.

En Costa Rica, la falta de conocimiento e indiferencia hace que la práctica de reciclaje sea poca implementada esto en cuando la manipulación, obtención en planta y producción de mezclas asfáltica reciclado [11].

En el Perú los pavimentos asfálticos presentan fallas que por lo general son notables por la presencia de fisuras, teniendo como resultado la disminución de su vida útil de dicho pavimento, además se le añade el incremento de su costo en mantenimiento, es decir la constante reparaciones que causan un gasto excesivo para su mejora. Sin ir muy lejos en la ciudad de Tarapoto una gran parte de las principales carreteras de comunicación de esta ciudad se encuentran en estado deterioradas, debido a la falta de diseño [12].

menciona que, en Omán y los países del Golfo, el reciclaje de RAP es una de las mejores opciones de mantenimiento de carreteras. La reconstrucción de carreteras produce grandes cantidades de RAP, que se pueden reciclar en nuevas mezclas de pavimento asfáltico. Sin embargo, el RAP se usa con



poca frecuencia en Omán debido a la falta de experiencia [1].

## 1.2. TRABAJOS PREVIOS

### ➤ A NIVEL INTERNACIONAL

Reducción de la variabilidad de los materiales de pavimento asfáltico recuperado de múltiples fuentes: Una práctica en China tiene como meta principal reducir variabilidad de los materiales de asfalto reciclado obtenidos de diferentes fuentes de la ciudad de China [13]. Para ello, se seleccionó como objeto de estudio un proyecto de mantenimiento asfaltos situado en el sur de China con 16 fuentes de RAP. Además, las características del material, incluyendo la gradación de los áridos, el punto de ablandamiento del ligante, la penetración y la viscosidad dinámica del asfalto recuperado, RAP obtenido de varias fuentes, en este estudio se observó que hay gran diferencia en las características del material del RAP incluso para el mismo pavimento, y el procedimiento desarrollado ayuda a reducir la variabilidad del RAP al tiempo que aumenta la cantidad máxima de adición de RAP para producir la mezcla de asfalto reciclado.

[14] en su artículo “Propiedades de mezcla asfálticas modificadas en caliente que contienen diferentes porcentajes de pavimento asfáltico recuperado”, tiene como fin estudiar características mecánicas duraderas del asfalto mezclado en caliente modificadas correspondientes a tres porcentajes RAP (20%, 40% y 60%), con temperaturas de (135 °C, 125 °C, y 115 °C), en consecuencia se observó que las mejores propiedades duraderas que se logró fue la que contenían un 20% a 135 °C, además de concluir que el uso de estos aditivos en las mezclas de mezclas asfáltica reciclada permite activar el reciclaje de residuos en la industria de la pavimentación.

[15]“Evaluación mecánica de reciclado mezclas de áridos y su aplicación en regenerados pavimento asfáltico (RAP)” indica que tiene como fin la sustitución parcial del árido natural fresco por el árido regenerado, dentro del cual consta en analizar la viabilidad mecánica de la sustitución del 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 60% de los áridos frescos por áridos recuperados, del cual se observó una mejora en los parámetros Marshall hasta el 30% de

sustitución de agregados recuperados, además de generarse un ahorro de un 15% en el costo total de una pavimento asfáltico convencional.

[16]“Clasificación y reutilización del ligante asfáltico reciclado: Estudio de caso noruego”, el cual tiene como fin, clasificar y reutilizar el ligante asfáltico reciclado recogido en los campos noruegos y utilizado para los nuevos pavimentos

Para ello, se han clasificado tres ligantes de asfalto recuperado comparándolos con el ligante asfáltico fresco y con el ligante asfáltico envejecido a largo plazo en términos de propiedades físicas, químicas, reológicas y mecánicas. Se propusieron los tratamientos específicos para los dos tipos de ligante RAP: La aplicación directa de los ligantes RAP-1 y RAP-2 en sustitución del ligante asfáltico fresco; y el restablecimiento del ligante RAP-3 mediante un rejuvenecedor al 4% al mismo nivel que un ligante asfáltico fresco, además de evaluar la viabilidad de los tres ligantes de asfalto reciclado tratados para el pavimento asfáltico mediante una observación del rendimiento de la mezcla asfáltica. Por lo que se pudo observar en los resultados que los tres ligantes de RAP pueden aplicarse a los nuevos pavimentos de asfalto después de los tratamientos adecuados.

[17] nos indica que su objetivo es el desarrolló un marco de análisis de ecoeficiencia (AEE) y se aplicó para comparar dos técnicas comunes para revitalizar pavimentos de asfalto: el reciclado en caliente in situ (HIRP, por sus siglas en inglés), el fresado y rellenado, mediante la integración de la evaluación de la vida útil y el análisis de costos durante su ciclo de vida, que fue seguido por un análisis de sensibilidad para investigar los rendimientos de sostenibilidad de las dos alternativas bajo diferentes proyecciones de vida útil, llegando a sintetizar qué técnica de reciclado en caliente puede garantizar la eficacia de su tratamiento ya que el reciclado en caliente in situ podía ahorrar en un 5% de los costes y reducir el impacto medioambiental global en un 16%.

[2] nos dice que tiene como objetivo desarrollar un método de reciclado en frío mediante el uso colectivo de múltiples aditivos, incluyendo un agente de reciclado, un agente emulsionante, un modificador de polímeros, agua y cemento, Optimizar la durabilidad de las mezclas recicladas en frío. Para los

resultado se realizaron pruebas de laboratorio exhaustivas, incluyendo la prueba de división, la prueba de resistencia al daño por humedad, la prueba de fatiga por tracción indirecta y la prueba del analizador de pavimento de asfalto por inmersión, para evaluación y comparación del rendimiento de varias mezclas recicladas en frío, teniendo como conclusión que el método de reciclado en frío proporcionó un rendimiento general significativamente mejor que el método convencional.

[2] en su artículo “Desempeño de resistencia al deslizamiento de mezclas asfálticas que contienen materiales de pavimento reciclados bajo condiciones climáticas simuladas” menciona que, La resistencia al deslizamiento mostraron que las mezclas recicladas se comportaron de manera similar a las convencionales en términos de resistencia al deslizamiento cuando se varía la temperatura y también bajo condiciones variables de superficie simulada. En algunos casos, se desempeñaron incluso mejor que las mezclas convencionales.

#### ➤ **A NIVEL NACIONAL**

[18] tiene como objetivo plasmar el método de pavimento reciclado , para mejorar algunas fallas estructurales en la carretera de Moyobamba- Yantalo 2019, el cual se realizó una metodología descriptiva, en un diseño no experimental, por lo que se llegó a observar en los resultado obtenidos que en dicha ciudad se presenta una gran cantidad de fallas, además de que existe una gran variedad de caminos para el pavimento en mal estado, a esto se le añade que hoy en día a raíz de múltiples investigaciones que se le está dando a este temas el uso de tecnología limpia e innovadoras de pavimentos reciclado permite optimizar la disposición de vida en las personas optimizando el cuidado con el medio ambientes.

[19] nos indica que tiene como fin explicar su factibilidad técnica, económica de la utilización de pavimentos flexible recuperado, de este se estudiaron las características físicas más relevantes, llegando a observar que al ser incorporado al nuevo pavimento asfáltico existió un ahorro significativo en un 40% de agregado pétreo, en el mejoramiento de la carpeta

asfáltica.

[20] nos refiere que la aplicación del asfalto espumado llega a tener una característica similar a los asfaltos de conservación convencional, ya que se obtuvo resultados favorables tanto en lo económico logrando hasta un 60% de ahorro en cuando al costo de los insumos, con respecto a lo energético de igual forma ya que al estar relacionado directamente a las horas de máquinas ahorrando hasta un 50% en dicho proyecto.

#### ➤ **A NIVEL NACIONAL**

[21] en su investigación “Propuesta técnica de diseño de carpeta asfáltica utilizando pavimento reciclado para el mejoramiento de Av. Mesones Muro km+000-2+066 Chiclayo, el cual tiene como objetivo desarrollar carpetas asfálticas, utilizando el método de asfalto reciclado utilizando 10%, 20% y 30% proveniente del fresado de la avenida Sucre en la ciudad de Lambayeque, para ello se tomó una muestra de 10 briquetas por los porcentajes ya plasmados de las carpetas, teniendo como observación de resultado que valores semejantes que tienen y cumplan con parámetros ya establecidos por las normas según MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones), a este se le añade permite ahorrar un porcentaje del agregado y cementante asfáltico para poder proyectar una carpeta asfáltica nueva, esto a fin de mejorar la Av. Mesones Muro - Chiclayo.

[11] nos dice que su objetivo fue combinar y experimentar a fin de poder dar una proporción adecuada que deberá tener la mezcla asfáltica a reciclar. Teniendo como conclusión que, las herramientas de simulación de laboratorio resultan ser valiosas ya que nos ayuda a determinar con exactitud la dosificación que tendrá la mezcla reciclada, según proporciones en cantidades de agregados, asfalto, agua y agente estabilizador. Para [2], tuvo por objetivo, elaborar una propuesta de rehabilitación mediante la evaluación del pavimento flexible de la avenida Las Américas Km 0+000 al Km 2+045 del distrito de Chiclayo – Lambayeque y concluyó que la propuesta de rehabilitación está determinada por los componentes de estructura del nuevo pavimento y el costo que demandaría la ejecución de

este; es así que con la evaluación del pavimento y los resultados de laboratorio fueron determinantes para el cálculo de los espesores del pavimento.

### **1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA**

#### **1.3.1. CARRETERA**

Vía de conducción y uso público, diseñado y construido principalmente para que los vehículos circulen. Aunque existen varios tipos de carreteras, el término "carretera" se refiere a una carretera convencional que puede conectarse a las propiedades colindantes a través de accesos [5].

#### **1.3.2. REHABILTACIÓN**

Es el proceso de mejorar una estructura deteriorada para prolongar su vida útil, aumentar su seguridad y reducir los costos operativos de los vehículos. También busca recuperar las características técnicas y funcionales de la vía, e incluye posibles intervenciones en la capa de rodadura y en las capas que forman la carpeta asfáltica, entre otras [22].

#### **1.1.1. PAVIMENTO FLEXIBLE**

Este tipo de pavimento cuenta con superficie asfáltica en cualquier modalidad o formas, por una capa de mezcla asfáltica sobre una base y subbase granulares [15].

Son aquellos que se componen principalmente de una superficie de rodadura bituminosa o mezcla asfáltica, junto con capas granulares como subbase y base, que tienen la función de disipar y distribuir las cargas desde la superficie hacia la subrasante [22]. Los esfuerzos generados por el tránsito disminuyen a medida que aumenta la superficie y menor cuando se acerca a la subrasante hondura de este [10].

#### **1.1.2. ASFALTO**

Es un material aglomerante de color oscuro, constituidos por complejas cadenas de hidrocarburos no volátiles y de elevado peso molecular. Estos pueden tener dos orígenes; los derivados de petróleo y los naturales [3].

### **1.1.3. CARPETA ASFÁLTICA**

La carpeta asfáltica es la capa superior de un pavimento flexible, diseñada para servir como superficie de rodamiento para los vehículos. Está compuesta por productos asfálticos y materiales pétreos [5].

### **1.1.4. SUB-RASANTE**

Se define como la capa del terreno de cualquier carretera el cual tiene como objetivo mantener disposición estructural del pavimento que es expandida hasta la profundidad de tal manera no pueda afectar la carga de tránsito que se encuentra prevista. Cabe precisar que para tener una buena calidad esto siempre dependerá de los espesores que presenta dicho pavimento, por lo que debe ser resistente, incomprensible, sin presencia alguna de expansión y contracción por la humedad [12].

### **1.1.5. SUB BASE**

Se le conoce como capa estructural del pavimento, con fin de soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito que provienen de las capas superiores de dicho pavimento por lo que de esta manera el suelo de la sub-rasante puedan soportar, Cabe señalar que además funciona como drenaje y controla la ascensión de agua por capilaridad.

### **1.1.6. MÉTODO RAP**

RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT o RAP, que quiere decir pavimento asfáltico reciclado, es el material producto de actividades del fresado o demolición de pavimentos asfálticos en servicio de mezclas de concreto asfáltico, siendo su uso en esencial la construcción de pavimentos flexibles [22].

Reciclaje de mezcla asfáltica se suele categorizar de diferentes formas en esta línea de reciclaje como reciclaje in situ/in situ o “in situ”, que puede ser en frío o en caliente, en cuyo caso se utilizan equipos autopropulsados, que realizan todo el desarrollo de una manera consecutiva. Otro tipo de reciclado es la de Planta/Off Site, esta tecnología tiene tres variantes; caliente (ya en

uso), fría (menos conocida) o tibia (en desarrollo) El pavimento de asfalto viejo se muele y se recicla en una nueva mezcla para el mismo proyecto o se almacena para su uso posterior. Es necesaria una evaluación de los pavimentos de asfalto recuperados para considerar los costos de transporte, almacenamiento, procesamiento (si corresponde), manejo y prueba [8].

#### **1.1.7. AGREGADO DE UNA BASE**

El agregado de mezcla con material virgen es procesado con RAP, a fin de producir diferentes bases granulares para estructurar el pavimento [12].

#### **1.1.8. RECUPERACIÓN DE LA TOTALIDAD DE LA PROFUNDIDAD**

Dicho método consiste en pulverizar en totalidad el agregado que conforma la carpeta asfáltica, base y subbase, de todo tipo de espesor. Pocos casos requieren añadir agregados “vírgenes”, siendo mezclados para obtener un resultado más homogéneo [12].

#### **1.1.9. MEZCLA ASFÁLTICA**

La incorporación de RAP en mezcla asfáltica puede llevarse a cabo mediante dos métodos: el procedimiento en planta y el reciclado en campo. El primer método implica mezclar el RAP con los materiales de una nueva mezcla asfáltica, procesando el material de RAP hasta lograr la graduación requerida, y luego combinándolo con agregado, asfalto virgen y, en algunos casos, agentes rejuvenecedores para obtener la mezcla asfáltica deseada. El segundo método es el reciclado in situ, donde el material RAP se utiliza con las características originales con las que fue recuperado en el campo. En ambos casos, es fundamental considerar su aporte en la mezcla final [12].

#### **1.3.12. DESEMPEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA**

Los ensayos de fatiga, deformación permanente y daño por humedad se han centrado en la evaluación del desempeño de mezclas con RAP. Se ha

comprobado que, a medida que se incrementa el contenido de RAP en la mezcla, la resistencia a la fatiga disminuye. Las mezclas con un 60 % de RAP pueden tener el mismo rendimiento a la fatiga que las mezclas convencionales. Debido a la rigidez del material de RAP en relación con la mezcla virgen, se observa una conducta constante con respecto al módulo de la mezcla y la deformación permanente. El desempeño de la mezcla asfáltica es consistente en las propiedades analizadas, según varios hallazgos del RAP. Su heterogeneidad es una fuente relevante de incertidumbre, lo cual tiene un impacto en la variabilidad de la respuesta y el rendimiento de mezclas asfálticas que conforman este material. [12].

### **1.3.13. CARPETA ASFÁLTICA**

Es una capa delgada ubicada en la parte superior del pavimento, cuya función es proteger contra la abrasión causada por los neumáticos de los vehículos. Esta capa está compuesta por materiales pétreos y asfálticos.

Asimismo [15] en su investigación, afirma que un carpeta asfáltica es la combinación de un árido con un ligante asfáltico que abarca todas y cada una de las partículas minerales del árido en una película continua. Esta mezcla se usa para construir pavimentos flexibles de alta calidad, como bases asfálticas o carpetas de rodamiento.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La presente investigación tiene como enfoque resolver enigmas sobre la mejora de los pavimentos asfáltico-convencionales, planteando lo siguiente:

¿De qué manera influye la adición de material reciclado en una mezcla asfáltica en 16 de la carretera Illimo Jayanca ubicado en el distrito de Lambayeque?



### **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO**

#### **1.3.1. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL**

En el presente, varias fábricas peruanas de productos, que habiendo cumplido con su servicio, pasan a convertirse en residuos, los cuales por gran parte de estos no son reciclados, disponiendo así finalmente de las aberturas o los más conocidos como botaderos de basura los cuales se les podrá dar uso en el campo de la construcción, a su vez reducir el costo del material, de la misma forma se entiende que la práctica habitual de pavimentación de caminos requiere la explotación de nuevas canteras o la sobreexplotación de canteras, lo que tiene un impacto negativo en el medio ambiente. Intentar mitigar este impacto negativo sobre el medio ambiente implantando nuevas tecnologías diferentes a los tradicionales pavimentos térmicos, aprovechando al máximo los recursos mediante la reutilización, el reciclaje, etc.

#### **1.3.2. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA**

Actualmente, el pavimento flexible reciclado es un método poco conocido a nivel nacional, pero está ganando atención en el ámbito de la construcción debido a los problemas asociados con la sostenibilidad en las construcciones con asfalto convencional. Por esta razón, se le está prestando cada vez más importancia, y se está haciendo hincapié en optimizar aspectos relacionados con su implementación, como el equipamiento, la mano de obra y las materias primas, con el objetivo principal de reducir los recursos utilizados.

Además, podemos decir que una de las soluciones factibles para los problemas que presentan las carreteras es la reutilización de asfalto envejecido para la creación de nuevos asfaltos y así minimizar los costos y recursos que un asfalto convencional genera.

#### **1.4. HIPÓTESIS**

“La adición de material reciclado en mezclas asfálticas mejora el comportamiento mecánico Illimo- Jayanca”

#### **1.5. OBJETIVOS**

##### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL**

Ejecutar una mezcla asfáltica adicionando material reciclado, con objetivo de determinar la fiabilidad en las características mecánicas y su comportamiento de pavimentos flexibles reciclados para el mejoramiento de la carretera Illimo.

##### **1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir porcentajes de material reciclado para su uso en RAP para el mejoramiento de la carretera Illimo-Jayanca
- Identificar las características técnicas de los materiales para elaborar mezclas asfálticas.
- Establecer el diseño de mezclas en: proporción en peso, dosificación, proporción en volumen.
- Evaluar la fiabilidad de los pavimentos flexibles reciclados como solución para la construcción de nuevas estructuras para pavimentación.

## **II. MATERIAL Y MÉTODO**

### **2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Una revisión sistemática corresponde a un levantamiento metodológico y nos permite recopilar información detallada sobre un tema en particular y también nos permite profundizar y comprender nuestro conocimiento sobre el tema que se investiga, en nuestro caso recopilamos Información sobre tesis, y una bibliografía netamente teórica sobre pavimentos [19].

## **2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

Puesto que el objetivo es diseñar una mezcla de tipo RAP para el mejoramiento en el comportamiento mecánico de pavimentos asfálticos reciclados y el mejoramiento de la carretera Illimo.

### **Variable dependiente**

Propiedades de mezcla asfáltica con material reciclado

### **Variable independiente**

Propiedades de la conducta mecánica del pavimento

### 2.2.1. OPERACIONALIZACION DE VARIABLE INDEPENDIENTE

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS	INSTRUMENTO
PROPIEDADESA DE MEZCLAS ASFALTICAS CONVENCIONAL	MATERIALES PÉTREOS	Absorción	%	OBSERVACION Y REVISION DOCUMENTARLA	ENSAYO DE ABSORCIÓN
		Contenido de humedad	%		ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
		Porcentaje de los vacíos	%		FRESADO Y PROCESAMIENTO DEL RAP
	DISEÑO DE MEZCLAS	Densidad	Km	OBSERVACIÓN Y REVISION DOCUMENTARLA	ENSAYO DE MARSHAL
		Dosificación	--		ENSAYO DE MARSHAL
		Proporción en volumen	%		COMPACTACIÓN

Tabla 1:

Operacionalización de variable independiente. fuente: Elaboración Propia.

### 2.2.2. OPERACIONALIZACION DE VARIABLE DEPENDIENTE

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	TECNICAS	INSTRUMENTO
PROPIEDADES DE MEZCLAS ASFALTICAS CON MATERIAL RECICLADO (KAP)	MATERIALES PETREOS	Absorción	%	OBSERVACIÓN Y REVISIÓN DOCUMENTARLA	ENSAYO DE ABSORCIÓN
		Contenido de humedad	%		ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
		Porcentaje de los vacíos	%		FRESADO Y PROCESAMIENTO DEL KAP
	DISEÑO DE MEZCLAS	Densidad	Km	OBSERVACIÓN Y REVISIÓN DOCUMENTARLA	ENSAYO DE MARSHAL
		Dosificación	--		ENSAYO DE MARSHAL
		Proporción en volumen	%		COMPACTACIÓN

Tabla 2:

Operacionalización de variable dependiente. Fuente: Elaboración propia

## **2.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

A continuación, se describe tanto muestra como población tomada en el estudio.

### **2.3.1. POBLACIÓN**

Cuando hablamos de población hacemos referencia al total de unidades a analizar las cuales resultan de gran interés en cualquier estudio que se realiza [6]. Por consiguiente, podemos asegurar que, para su estudio está integrada por la carretera Íllimo- Jayanca, específicamente, en el tramo 16.

### **2.3.2. MUESTRA**

Como muestra de un subconjunto de población según a criterio, se delimitó la muestra en relación con ensayo ejecutado en el Km 16 de la carretera de Illimo-Jayanca ubicado en el distrito y provincia de Chiclayo, en el departamento de Lambayeque. A fin de evaluar la calidad de agregados, con una adición posteriormente en la mezcla de material reciclado, se vieron necesarios 15 briquetas para ejecutar un ensayo de tipo Marshall.

## **2.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.**

### **2.4.1. OBSERVACIÓN**

Por medio del análisis se evaluará el comportamiento de la mezcla de asfalto reciclado durante su elaboración, el riego de impregnación y riego de liga posteriormente con el ensayo de Marshall.

### **2.4.2. ANÁLISIS DE DOCUMENTOS**

Para la recopilación de registros bibliográficos se utilizará una serie de recursos de investigación, tales como textos, revistas, tesis relacionadas con argumentos de investigación que ayuden a describir las propiedades de los pavimentos asfáltico con incorporación de asfalto reciclado, así como la exploración de las normas peruanas que rigen en ensayos de material.

### 2.4.3. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Guías de observación

Para recolectar datos, se utilizaron varios ensayos de laboratorio del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, de acuerdo con el Manual de Carreteras EG - 2013. Además, para la mezcla asfáltica con material reciclado, se llevaron a cabo los siguientes ensayos:

2.4.3.1. Porcentaje de asfalto (lavado asfáltico): ensayo MTC E 502 – 2016.

Extracción cuantitativa de asfalto en mezcla para pavimentos.

2.4.3.2. Análisis Granulométrico del material reciclado: Ensayo MTC E 107 – 2016.

Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

Para los agregados se realizó los siguientes

ensayos:

#### 1) Calidad del agregado grueso

- a) Análisis granulométrico del agregado grueso
- b) Inalterabilidad de los agregados gruesos por medio del sulfato de sodio (durabilidad)
- c) Peso específico y absorción del agregado grueso Resistencia de agregado grueso de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles
- d) Peso específico y absorción del agregado grueso
- e) Partículas chatas y alargadas del agregado grueso
- f) Porcentaje de caras fracturada en el agregado grueso (1 a más, 2 a más)
- g) Adherencia de los ligantes bituminosos al agregado grueso
- h) Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles

2) Calidad del agregado fino

- a) Análisis granulométrico del agregado fino 48
- b) Inalterabilidad de los agregados finos por medio del sulfato de sodio.
- c) Equivalente de arena de suelos y agregado fino
- d) Limite liquido – malla N.º40 y Limite plástico – malla N.º40
- e) Lavado en agregados fino
- f) Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos (Riedel – Weber)
- g) Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles
- h) Valor de azul de metileno para arcillas, rellenos minerales finos

3) Para el nuevo pavimento (reciclado), se realizaron los siguientes ensayos:

- a) Peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas (Rice)

Diseño de Mezcla asfáltica en caliente (Método Marshall)



## 2.5. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

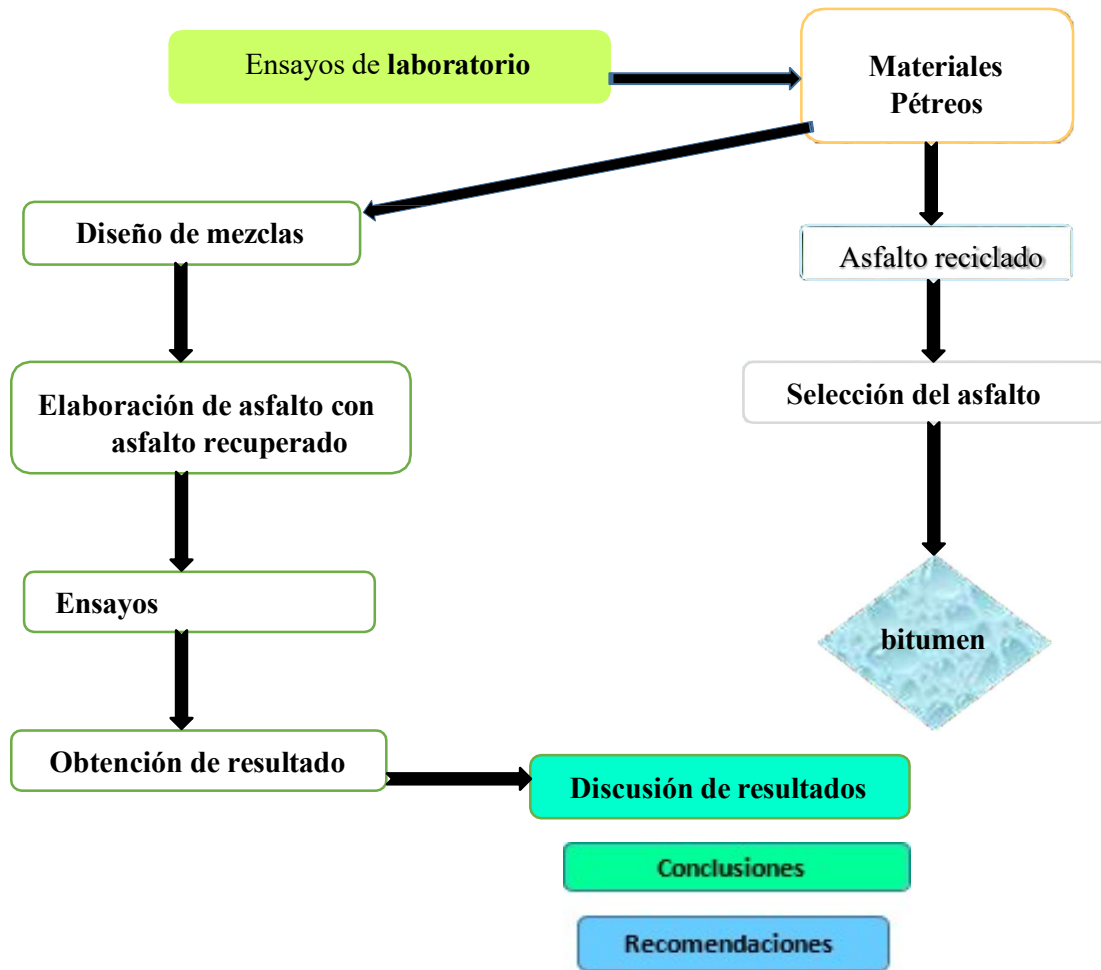


Imagen 1: Procedimiento de análisis de datos: fuente elaboración propia

## 2.6. CRITERIOS ÉTICOS

Por investigación, respeto, honestidad y veracidad de la información que se pueda brindar, se hace un llamado a que los futuros investigadores tengan acceso a esta información. También se citará la información para que la ética moral, la ética personal y la ética científica no se repitan en la recolección de la información y su interpretación.

## **2.7. CRITERIOS DE RIGOR CIENTÍFICO**

### Generalidad

Para la validación de las herramientas se realizarán entrevistas indirectas a profesionales relacionados con la ingeniería de materiales, se obtendrán respuestas en base a las preguntas realizadas, lo que nos permitirá extremar su validez tras la comparación con otras fuentes teóricas.

### Fiabilidad

La investigación realizada por este proyecto es confidencial, y mientras la muestra poblacional sea real, habrá una buena recolección de información, que asegure la verificabilidad de los resultados obtenidos.

## **III. CONCLUSIONES**

A nivel internacional el método RAP es uno de los métodos más revolucionario en la industria del sector de construcción y se están ejecutando en proyectos viales de gran magnitud por lo que se puede decir que a diferencia del Perú, es muy poco investigado.

Según lo propuestos podemos concluir que para trabajos futuro relacionado al tema, el método RAP es una de las técnicas con más beneficios no solo para el medio ambiente ya que optimiza recurso, costos y energía, sino que también puede ser un gran potencial para futuros estudios en el campo de la construcción, a raíz de esto se puede recalcar que el reciclaje de pavimento asfáltico constituye en unas de las alternativas de pavimento con mayor eficacia,

## **IV. RECOMENDACIONES**

Como recomendación se debe impulsar la investigación de materiales asfálticos reciclados tipo RAP para aumentar la confianza de la industria. A medida que aumente el uso de este material, será posible reducir el uso de materiales

provenientes de recursos no renovables.

Aunque se ha avanzado en los últimos años, es crucial que la entidad comience a invertir en la investigación de las propiedades mecánicas de estos materiales para entenderlas mejor. Permittiéndonos predecir posibles comportamientos que podría tener un RAP. A través de estos estudios, será posible desarrollar una normativa que oriente el diseño de mezclas asfálticas con materiales, brindando así más confianza al sector responsable del desarrollo de la infraestructura vial urbana.

## REFERENCIAS

- [1] J. Castellanos y R. Socha, «Evaluación del comportamiento mecánico en pavimentos de espesor completo de asfalto reciclado (RAP) estabilizado con emulsión asfáltica y adición de cemento portland tipo I, sin intervención de la subrasante,» Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, 2019.
- [2] H. Wang, Y. Huang, J. Ke y Z. Zhenghui, «Properties and mechanism of SBS/crumb rubber composite high viscosity modified asphalt,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 378, n° 134534, 2022.

- [3] R. Banara, P. Dashti, A. Zolfagharnasaba, A. Mohammad y A. Akbar, «A comprehensive comparison between using silica fume in the forms of water slurry or blended cement in mortar/concrete,» *Journal of Building Engineering*, vol. 46, p. 103802, 2022.
- [4] L. Thives y E. Ghisi, «Asphalt mixtures emission and energy consumption: A review,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 72, pp. 473-484, 2019.
- [5] H. Alvarado, «Evaluación del pavimento asfáltico reciclado como sustituto de agregado virgen en mezclas asfálticas en caliente,» INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA, 2019.
- [6] Bejarano y W. Bejarano, «APLICACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES RECICLADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS PAVIMENTOS ECONÓMICOS EN EL PERÚ-2020,» Universidad Privada del Norte, Trujillo - Perú, 2020.
- [7] J. Ostos, J. Duarte y O. Reyes, «COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO CON ADICIÓN DE PAVIMENTO RECICLADO,» UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, Bogotá, 2019.
- [8] B. Tu y M. Tuan, «Laboratory Assessment of Recycled Polyethylene into Hot Mix Asphalt in Ho Chi Minh City,» *ICSCEA*, vol. 268, pp. 985-993, 2022.
- [9] G. Flores, J. Gallego, F. Giuliani y F. Autelitano, «Aging of asphalt binder in hot pavement rehabilitation,» *Construction and Building Materials*, vol. 187, pp. 214-219, 2019.
- [10] J. Fano y M. Chávez, «DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO BÁSICO RECICLADO Y MEJORADO CON CEMENTO PORTLAND PARA DIFERENTES DOSIFICACIONES EN EL PROYECTO DE CONSERVACIÓN VIAL DE HUANCAVELICA,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2019.
- [11] S. Fernandez y P. Aguilar, «Caracterizacion de pavimento asfaltico reciclado (RAP) en el laboratorio,» Programa de Infraestructura del Transporte, Costa Rica, 2019.
- [12] L. Ubidia, «“Diseño de pavimento flexible con la utilización de polvo de caucho reciclado para minimizar la generación de fisuras del Jr. Jorge Chávez cdra. 01-09 Ciudad de Tarapoto San Martín,» Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto, 2019.
- [13] J. Gao, J. Yu, D. Jiang, Y. Ruan y W. Tao, «Reducing the variability of multi-source reclaimed asphalt pavement materials: A practice in China,» *Construction and Building Materials*, vol. 278, n° 122389, 2021.
- [14] H. A. Obaid, T. M. Hashim y A. A. M. Al-Abody, «Properties of Modified Warm-Mix Asphalt Mixtures Containing Different Percentages of Reclaimed Asphalt Pavement,» vol. 7813, pp. 15-20, 2022.

- [15] L. Choudhary, . S. Bansal, M. Kalra y . L. Dagar , «Mechanical evaluation of recycled aggregate mixes and its application in reclaimed asphalt pavement (RAP) stretch,» *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 127, 2022.
- [16] X. Zhang, H. Chen, D. M. Barbieri , B. Lou y I. Hoff, «The classification and reutilisation of recycled asphalt pavement binder: Norwegian case study,» vol. 17, p. e01491, 2022.
- [17] L. Cardozo y M. Mendoza, «Importancia de los fines del mastic en el comportamiento mecánico de bases recicladas (RAP) con emulsión asfáltica y asfalto espumado para el proyecto servicio de reciclado Huancayo – Yanango – puente Herrería tramo III,» UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS, Lima, 2021.
- [18] T. Flores, M. Ramirez, D. Rodríguez y J. Rojas, «Propuesta de pavimento reciclado para mejorar las fallas estructurales en la carretera Moyobamba-Yantalo 2020,» Universidad Cesar Vallejo, 2020.
- [19] J. Rengifo y M. Vargas , «Análisis comparativo entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado en las cuadras 1-29 de la avenida La Paz San Miguel - Lima,» Universidad San Martín de Porres, Lima, 2019.
- [20] H. Abad , «Análisis comparativo del reciclado con asfalto espumado y la técnica convencional en la conservación periódica de la carretera conochocha Huaraz 2018-2019,» UNASAM, Huaraz, 2019.
- [21] J. Fustamante, «Propuesta técnica de diseño de carpeta asfáltica utilizando pavimento reciclado para el mejoramiento de Av. Mesones Muro km+000-2+066 Chiclayo,» Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, 2019.
- [22] C. Flores y A. Saldaña, «La influencia del RAP en la resistencia estructural de un pavimento reciclado en frío para el proyecto de conservación vial de la carretera Binacional Mazocruz – Puente Internacional,» Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2020.