



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Influencia del pavimento asfáltico reciclado y caucho pulverizado en las propiedades físico-mecánicas y microestructura de la mezcla asfáltica modificada, Lambayeque

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Benavides Rioja, Wilmer Segundo Jesus (orcid.org/0000-0001-5317-5822)

Correa Flores, Evelyn Jhoana (orcid.org/0000-0003-4436-6795)

ASESOR:

Mg. Cubas Armas, Marlon Robert (orcid.org/0000-0001-9750-1247)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**CHICLAYO – PERÚ
2023**

DEDICATORIA

A DIOS.

Por las bendiciones que nos otorga cada día y por ser la fuerza para seguir adelante.

A NUESTRA FAMILIA.

En especial a nuestros padres, cuyo apoyo incondicional nos ha permitido llegar a esta etapa de aprendizaje; a nuestros hermanos por apoyarnos moralmente y nos han inspirado a no desistir en este camino.

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirnos culminar esta etapa y disfrutar de este logro, que será la base de nuestra entrega al campo laboral.

Muchas gracias a nuestros padres y hermanos por estar ahí en esta etapa de nuestras vidas, los logros de hoy se deben en gran parte a su apoyo incondicional.

Agradecemos a nuestra alma mater y docentes por brindarnos los conocimientos necesarios, en especial al Mg. Ing. Marlon Robert Cubas Armas por su dedicación para guiarnos a llevar a cabo con éxito nuestra investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I.INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2. Variables y operacionalización	15
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.5. Procedimientos.....	18
3.6. Método de análisis de datos	20
3.7. Aspectos éticos.....	20
IV. RESULTADOS	21
V. DISCUSIÓN.....	39
VI. CONCLUSIONES.....	44
VII. RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS.....	46
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Precedentes de tesis nacionales utilizando caucho reciclado (CR)</i>	9
Tabla 2. <i>Precedentes de tesis nacionales utilizando pavimento reciclado (RAP)</i> . 10	
Tabla 3. <i>Resumen de briquetas para mezclas asfálticas</i>	15
Tabla 4. <i>Técnicas e instrumentos de datos de los ensayos</i>	17
Tabla 5. <i>Prueba de Normalidad - Estabilidad</i>	28
Tabla 6. <i>Prueba de Kruskal Wallis</i>	28
Tabla 7. <i>Prueba de normalidad – Flujo</i>	29
Tabla 8. <i>Prueba de homocedasticidad - Flujo</i>	29
Tabla 9. <i>Prueba de Games-Howell - Flujo</i>	29
Tabla 10. <i>Prueba de normalidad – % Vacíos de aire</i>	30
Tabla 11. <i>Prueba de Kruskal Wallis – % Vacíos de aire</i>	30
Tabla 12. <i>Prueba de normalidad - % Vacíos del agregado mineral</i>	31
Tabla 13. <i>Prueba de homocedasticidad - % Vacíos del agregado mineral</i>	31
Tabla 14. <i>ANOVA - %Vacíos del agregado mineral</i>	31
Tabla 15. <i>Prueba de Tukey - % Vacíos del agregado mineral</i>	32
Tabla 16. <i>Prueba de normalidad - Rigidez</i>	32
Tabla 17. <i>Prueba de homocedasticidad - Rigidez</i>	33
Tabla 18. <i>ANOVA - Rigidez</i>	33
Tabla 19. <i>Prueba de Tukey - Rigidez</i>	33
Tabla 20. <i>Estadística de MAC patrón vs modificadas con PCR + RAP</i>	34

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Varianza de las propiedades de MAC con CR, Repositorio de tesis.....	9
<i>Figura 2.</i> Varianza de las propiedades de MAC con RAP, Repositorio de tesis...	10
<i>Figura 3.</i> Esquema representativo del diseño de investigación.....	14
<i>Figura 4.</i> Diagrama del flujo del procedimiento de la investigación.....	18
<i>Figura 5.</i> Diagrama de flujo del proceso mecánico de obtención de RAP y PCR.	19
<i>Figura 6.</i> Granulometría de los agregados pétreos y RAP.....	21
<i>Figura 7.</i> Granulometría del caucho pulverizado.....	21
<i>Figura 8.</i> Curva de pérdida de masa - TGA.	22
<i>Figura 9.</i> Estabilidad de la MAC-1 patrón y modificada con PCR.	23
<i>Figura 10.</i> Flujo de la MAC-1 patrón y modificada con PCR.	23
<i>Figura 11.</i> % de vacíos con aire de la MAC-1 patrón y modificada con PCR.....	24
<i>Figura 12.</i> % de VMA de la MAC-1 patrón y modificada con PCR.....	24
<i>Figura 13.</i> Factor de rigidez de la MAC-1 patrón y modificada con PCR.	25
<i>Figura 14.</i> Estabilidad de la MAC-1 patrón y modificada con PCR + RAP.....	25
<i>Figura 15.</i> Flujo de la MAC-1 patrón y modificada con PCR+RAP.....	26
<i>Figura 16.</i> % de vacíos con aire MAC-1 patrón y modificada con PCR+RAP.	26
<i>Figura 17.</i> % VMA de la MAC-1 patrón y modificada con PCR+RAP.	27
<i>Figura 18.</i> Factor de rigidez de la MAC-1 patrón y modificada con PCR+RAP....	27
<i>Figura 19.</i> Preparación de especímenes para ensayos SEM y FTIR.....	35
<i>Figura 20.</i> Barrido espectral FTIR de la muestra asfáltica patrón.	36

<i>Figura 21.</i> Barrido espectral FTIR de la MAC con 3% PCR + 10% RAP.....	36
<i>Figura 22.</i> Micrografías SEM-EDS de la muestra patrón.	37
<i>Figura 23.</i> Micrografías SEM-EDS de la MAC-1 con 3%PCR + 10%RAP	37

RESUMEN

La presente investigación considera como objetivo general: describir la influencia del uso de RAP como sustituto parcial del agregado adicionando caucho pulverizado como sustituto parcial del cemento asfáltico en las propiedades físico-mecánicas y características microestructurales de la mezcla asfáltica modificada en caliente y es de tipo aplicada con diseño experimental, considerando un grupo control y un grupo experimental comprendido en dos fases: (1) se modificó el cemento asfáltico (C.A.) utilizando 3%, 5% y 7% de polvo de caucho reciclado (PCR) como sustituto parcial logrando determinar el porcentaje óptimo, (2) se trabajó con el óptimo de PCR más 10%, 20% y 30% de pavimento asfáltico reciclado (RAP) como sustituto parcial de los agregados. Los resultados mostraron que la granulométrica corresponde a una MAC-1 y las combinaciones de PCR + RAP influyen significativamente en las propiedades físico-mecánicas con 3% PCR + 10% RAP, 3% PCR + 20% RAP y 3% PCR + 30% RAP. Los resultados del análisis termogravimétrico (TGA) al PCR mostraron que su degradación inicia a 350°C provocando la pérdida de sus propiedades, mientras que la espectroscopia infrarroja (FTIR) y microscopía electrónica de barrido (SEM) revelaron que el PCR se adhiere correctamente con el agregado mejorando su morfología y textura.

Palabras clave: Pavimento asfáltico reciclado, polvo de caucho reciclado, estabilidad, flujo, microestructura.

ABSTRACT

The present investigation considers as a general objective: to describe the influence of the use of RAP as a partial substitute for aggregate adding pulverized rubber as a partial substitute for asphalt cement on the physical-mechanical properties and microstructural characteristics of the hot-modified asphalt mix and it is of the applied type. with an experimental design, considering a control group and an experimental group comprised of two phases: (1) the asphalt cement (A.C.) was modified using 3%, 5% and 7% recycled rubber powder (PCR) as a partial substitute, managing to determine the optimal percentage, (2) we worked with the optimal PCR plus 10%, 20% and 30% recycled asphalt pavement (RAP) as a partial substitute for the aggregates. The results showed that the granulometric corresponds to a MAC-1 and the PCR + RAP combinations significantly influence the physical-mechanical properties with 3% PCR + 10% RAP, 3% PCR + 20% RAP and 3% PCR + 30% RAP. The results of the thermogravimetric analysis (TGA) to PCR showed that its degradation begins at 350°C causing the loss of its properties, while infrared spectroscopy (FTIR) and scanning electron microscopy (SEM) revealed that PCR adheres correctly with the aggregate improving its morphology and texture.

Keywords: Recycled asphalt pavement, recycled rubber dust, stability, flow, microstructure.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CUBAS ARMAS MARLON ROBERT, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Influencia del pavimento asfáltico reciclado y caucho pulverizado en las propiedades físico-mecánicas y microestructura de la mezcla asfáltica modificada, Lambayeque", cuyos autores son BENAVIDES RIOJA WILMER SEGUNDO JESUS, CORREA FLORES EVELYN JHOANA, 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.

CHICLAYO, 03 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CUBAS ARMAS MARLON ROBERT DNI: 43238974 ORCID: 0000-0001-9750-1247	Firmado electrónicamente por: CARMASMAR el 29- 07-2023 12:11:18

Código documento Trilce: TRI - 0568445