



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Evaluación de una mezcla asfáltica sostenible utilizando  
neumáticos reciclados en la ciudad de Huaraz – Ancash, 2023**

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

**Ingeniero civil**

**AUTOR:**

Mejia Bedon, Frank Peter ([orcid.org/0000-0003-0427-4212](https://orcid.org/0000-0003-0427-4212))

**ASESOR:**

Mg. Arevalo Vidal, Samir Augusto([orcid.org/0000-0002-6559-0334](https://orcid.org/0000-0002-6559-0334))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LINEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**HUARAZ - PERÚ**

2024

## **Dedicatoria**

La presente investigación está  
dedicado a mis padres por el apoyo  
incondicional en mi vida universitaria  
Eulalia y Pedro.

## **Agradecimiento**

A mi familia que siempre confió,  
principalmente a mi mamá por la  
motivación, a mi asesor el Mg. Ing. Samir  
Arévalo Vidal, por la dedicación, y a mis  
hermanos (Jhon, Diana, Ronald y Helen)  
por la confianza.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, AREVALO VIDAL SAMIR AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, asesor de Tesis Completa titulada: "Evaluación de una mezcla asfáltica sostenible utilizando neumáticos reciclados en la ciudad de Huaraz – Ancash – 2023", cuyo autor es MEJIA BEDON FRANK PETER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19%, 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 Completa 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.

HUARAZ, 18 de Marzo del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
AREVALO VIDAL SAMIR AUGUSTO DNI: 46000342 ORCID: 0000-0002-6559-0334	Firmado electrónicamente por: SAAREVALOV el 18- 03-2024 15:55:38

Código documento Trilce: TRI - 0740515







**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, MEJIA BEDON FRANK PETER estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis Completa titulada: "Evaluación de una mezcla asfáltica sostenible utilizando neumáticos reciclados en la ciudad de Huaraz – Ancash – 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis Completa:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
FRANK PETER MEJIA BEDON <b>DNI:</b> 45819279 <b>ORCID:</b> 0000-0003-0427-4212	Firmado electrónicamente por: FMEJIABE el 18-03- 2024 22:04:54

Código documento Trilce: TRI - 0740516



## Índice de contenidos

<b>Carátula</b> .....	i
<b>Dedicatoria</b> .....	ii
<b>Agradecimiento</b> .....	iii
<b>Declaratoria de Autenticidad del Asesor</b> .....	iv
<b>Declaratoria de Originalidad del Autor</b> .....	v
<b>Índice de contenidos</b> .....	vi
<b>Índice de tablas</b> .....	vii
<b>Índice de figuras</b> .....	ix
<b>Resumen</b> .....	x
<b>Abstract</b> .....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	5
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	24
<b>3.1. Tipo y diseño de investigación</b> .....	24
<b>3.2. Variables y operacionalización</b> .....	24
<b>3.3. Población, muestra y muestreo</b> .....	25
3.3.1. Población .....	25
3.3.2. Muestra .....	26
3.3.3. Muestreo .....	27
<b>3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b> .....	27
3.4.1. Técnicas .....	27
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos .....	27
3.4.3. Validez .....	27
3.4.4. Confiabilidad de los instrumentos .....	28
<b>3.5. Procedimientos</b> .....	28
<b>3.6. Aspectos éticos</b> .....	29
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	30
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	55
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	60
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	61
<b>REFERENCIAS</b> .....	62
<b>ANEXOS</b> .....	71

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Opciones para aprovechar NFU, según la técnica de ponderado. ....	20
<b>Tabla 2.</b> Composición promedio del granulado/ polvo de caucho de NFVU (% en masa).....	22
<b>Tabla 3.</b> Clase de mezcla de concreto asfáltico mediante el ensayo de Marshall	24
<b>Tabla 3.</b> Número de briquetas para la muestra .....	27
<b>Tabla 5.</b> Ensayo de contenido de humedad del agregado fino.....	31
<b>Tabla 6.</b> Ensayo de contenido de humedad de agregado grueso .....	31
<b>Tabla 7.</b> Ensayo granulométrico de arena .....	31
<b>Tabla 8.</b> Ensayo granulométrico de grava.....	32
<b>Tabla 9.</b> Ensayo del peso específico y absorción de agregado grueso .....	34
<b>Tabla 10.</b> Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso .....	34
<b>Tabla 11.</b> Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agregado grueso....	35
<b>Tabla 12.</b> Ensayo del peso suelto y compactado de agregado fino .....	35
<b>Tabla 13.</b> Diseño de asfalto con 4.5% .....	36
<b>Tabla 14.</b> Características de la mezcla asfáltica con 4.5% de cemento asfáltico.	36
<b>Tabla 15.</b> Diseño de asfalto con 5% .....	36
<b>Tabla 16.</b> Características de la mezcla asfáltica con 5% de cemento asfáltico. ...	36
<b>Tabla 17.</b> Diseño de asfalto con 5.5% .....	37
<b>Tabla 18.</b> Características de la mezcla asfáltica con 5.5% de cemento asfáltico ..	37
<b>Tabla 19.</b> Diseño de asfalto con 6% .....	38
<b>Tabla 20.</b> Características de la mezcla asfáltica con 6% de cemento asfáltico .....	38
<b>Tabla 21.</b> Diseño de asfalto con 6.5% .....	38
<b>Tabla 22.</b> Características de la mezcla asfáltica con 6.5% de cemento asfáltico .	39
<b>Tabla 23.</b> Dosificación de la mezcla asfáltica según porcentaje de cemento asfáltico .....	39
<b>Tabla 24.</b> Dosificación óptima .....	41
<b>Tabla 25.</b> Diseño de mezcla asfáltica óptima con 6% de cemento asfáltico .....	42
<b>Tabla 26.</b> Diseño de mezcla asfáltica con 1% de caucho .....	42
<b>Tabla 27.</b> Propiedades del diseño con 1%.....	42
<b>Tabla 28.</b> Diseño de mezcla asfáltica con 2.5% de caucho .....	43
<b>Tabla 29.</b> Propiedades del diseño con 2.5%.....	43
<b>Tabla 30.</b> Diseño de mezcla asfáltica con 3.5% de caucho .....	43

<b>Tabla 31.</b> Propiedades del diseño con 3.5% .....	43
<b>Tabla 32.</b> Dosificación de la mezcla asfáltica según porcentaje de caucho reciclado triturado.....	44
<b>Tabla 33.</b> Porcentajes de vacíos con la adición de neumáticos reciclados .....	47
<b>Tabla 34.</b> Valor de flujo con la adición de neumáticos reciclados .....	48
<b>Tabla 35.</b> Variación de la estabilidad con la adición de neumáticos reciclados ....	50
<b>Tabla 36.</b> Prueba de Shapiro – Wilk. ....	51
<b>Tabla 37.</b> Prueba t de la estabilidad corregida de las muestras .....	51
<b>Tabla 38.</b> Prueba t de los porcentajes de vacíos de las muestras .....	52
<b>Tabla 39.</b> Prueba t del flujo de las muestras .....	53
<b>Tabla 40.</b> Prueba t de la estabilidad de las muestras.....	54

## Índice de figuras

Figura 1. Componentes de la mezcla asfáltica .....	14
Figura 2. Briquetas de mezcla compactadas .....	16
Figura 3. Componentes de la mezcla asfáltica .....	18
Figura 4. Componentes de la mezcla asfáltica .....	19
Figura 5. Mapa del Perú.....	30
Figura 6. Mapa de Ancash .....	30
Figura 8. Mapa de la ciudad de Huaraz.....	30
Figura 7. Mapa de la Provincia de Huaraz .....	30
Figura 9. Gráfico de graduación granulométrica del agregado fino .....	32
Figura 10. Curva granulométrica agregado grueso .....	33
Figura 11. Peso unitario con las diferentes dosificaciones de cemento asfáltico ..	40
Figura 12. % de vacíos con aire .....	40
Figura 13. Estabilidad corregida .....	40
Figura 14. Rigidez .....	41
Figura 15. Gravedad específica .....	41
Figura 16. Peso unitario con las diferentes dosificaciones de caucho .....	44
Figura 17. % de vacío con aire.....	45
Figura 18. % de vacíos del agregado mineral .....	45
Figura 19. Estabilidad corregida.....	45
Figura 20. Rigidez .....	46
Figura 21. Gravedad específica .....	46
Figura 22. Porcentajes de vacíos con la adición de neumáticos reciclados.....	47
Figura 23. Variación del flujo con la adición de neumáticos reciclado .....	49
Figura 24. Variación de la estabilidad con la adición de neumáticos reciclado .....	50

## Resumen

La presente investigación tuvo como finalidad: determinar de qué manera el uso de los neumáticos reciclados influyen en la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023. Estudio de enfoque cuantitativo de nivel descriptivo explicativo, de diseño experimental, en donde se consideró como muestra de estudio un total de 26 testigos, los cuales tuvieron diferentes dosificaciones de caucho reciclado (1%,2.5% y 3.5%). Para la recolección de datos se utilizó las fichas de observación y documental, así como también se realizó diversos ensayos y controles de laboratorio; donde como principales resultados se obtuvo que: sobre el impacto el uso de neumáticos reciclados en la mezcla asfáltica en los porcentajes de vacíos con el 1% su impacto fue de 6.1%, en el 2.5% de agregado fue 7.9% y en la adición de 3.5% fue 7.6%; con respecto al flujo se mostró un impacto positivo, en la cual con el 1% de neumáticos reciclados el flujo fue 13 mm y con la adición del 2.5% y el 3.5% fue de 14 mm. Y referente a la estabilidad, el uso de estos neumáticos también impactó positivamente, donde con el 1% de adición fue 1189 Kg, con la adición del 2.5% la estabilidad fue de 723 Kg y con la adición del 3.5% fue 722 Kg. Concluyendo que la mejor dosificación el cual ayuda a ser sostenible una mezcla asfáltica y mejore sus propiedad mecánicas y físicas viene a ser la dosificación de 1%.

**Palabras clave:** mezcla asfáltica, neumáticos reciclados, dosificación del concreto.

## **Abstract**

The purpose of this research was: to determine how the use of recycled tires influences the sustainable asphalt mixture in the city of Huaraz-Ancash, 2023. Quantitative approach study of descriptive explanatory level, experimental design, where it was considered As a study sample, a total of 26 controls, which had different dosages of recycled rubber (1%, 2.5% and 3.5%). Observation and documentary forms were used to collect data, as well as various laboratory tests and controls; where as the main results it was obtained that: on the impact of the use of recycled tires in the asphalt mixture in the percentages of voids with 1%, its impact was 6.1%, in the 2.5% of aggregate it was 7.9% and in the addition of 3.5% was 7.6%; Regarding the flow, a positive impact was shown, in which with 1% of recycled tires the flow was 13 mm and with the addition of 2.5% and 3.5% it was 14 mm. And regarding stability, the use of these tires also had a positive impact, where with the 1% addition it was 1189 Kg, with the addition of 2.5% the stability was 723 Kg and with the addition of 3.5% it was 722 Kg. Concluding The best dosage which helps to make an asphalt mixture sustainable and improve its mechanical and physical properties is a dosage of 1%.

**Keywords:** asphalt mixture, recycled tires, concrete dosage.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo se encuentra interconectado mediante un sistema de carreteras y autopistas, a esta infraestructura vial la conocemos en el territorio peruano como sistema nacional de carreteras, la cual está conformada por tres redes de caminos según su superficie de rodamiento las cuales son: redes viales nacionales (80.3%), redes viales departamentales (14.5%) y las redes viales vecinales (5.2%), siendo de tal modo que solo lleva un 17% de vías pavimentadas de la totalidad de dicha infraestructura vial existente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2022, p. 58). Además, con el informe de MTC en torno a las redes viales nacionales, en la mayoría de estos se encuentran pavimentos flexibles; tales como carpeta asfáltica o bicapa, en el cual vehículos tanto pesados como livianos hacen su recorrido continuamente, ocasionando fallas o deterioros de dichos caminos. Por lo tanto, es muy importante considerar estos miles de kilómetros que atraviesa una vía dirigiéndose por las distintas zonas de nuestro país, las cuales presentan temperaturas diferentes, llegando a influir en su ocupación a razón de su mezcla asfáltica, ya que se entiende que dicha mezcla al ser convencional tiende a ser susceptible a las variaciones de temperatura que existe en las distintas regiones de nuestro país.

Algunos beneficios de la añadidura de partículas o polvo de neumáticos reciclados a una mezcla del asfalto, son las siguientes: Mejora la resistencia a las fisuras reflejadas, brinda mayor vida útil por disminución de la fatiga, las carreteras se vuelven menos ruidosas, brinda una mayor durabilidad (hasta 20 años), mayor seguridad vial debido a una mayor visibilidad y adherencia, brinda mayor adherencia a las ruedas de los vehículos; además, las mezclas son menos susceptibles a las altas y bajas temperaturas y se fatigan menos que en las carreteras convencionales (Aliga, 2017, p. 89).

Mundialmente, la gran parte de dichos neumáticos suelen encontrarse o depositarse en vertederos, llegando a tener un impacto ecológico catastrófica, que hasta llega afectar la salud de la humanidad, por ese motivo muchos investigadores en grandes países como en Europa buscaron la manera de sacar provecho de estos neumáticos, siendo este utilizados en la producción de asfalto, los cuales mencionaron que el asfalto transformado con neumáticos



recicladados actúan adecuadamente que el concreto asfáltico tradicional, esto según las pruebas de laboratorio que realizaron manifestando que el óptimo porcentaje es el 3% ya que posee un buen comportamiento ya sea a altas temperaturas (60°C), además de las bajas temperaturas (10° C) (Hoyos et al., 2021, p. 578).

En América Latina y el caribe, realizaron investigaciones con relación a los cambios con cauchos en carreteras primarias colombianas donde la solución sería un arreglo de la superficie de los pavimentos flexibles, es por estos cambios sobre las características del caucho neumático que se tiene diferentes beneficios con relación a disminución de consecuencias negativas para el entorno natural como son el incendiar las llantas, los cuales generan CO2 (Lubo y Martínez, 2022, p. 83). En Chile, la Ruta D-43, es un recorrido, de 1,5 km, ejecutado con combinaciones asfálticas, las que hace uso de un betún transformado que poseen grandes % de elementos reciclados, además poseen residuos poliméricos, así como materia prima, que vienen de neumáticos no utilizados además de elementos reciclados (Diario Carreteras Panamericanas, 2021, p. 10).

A nivel nacional la gran parte de las vías solicitan ser mejoradas a nivel de la vía por la carencia de cuidado además de restauración, la gran parte de las vías cimentadas con combinaciones asfálticas tradicionales poseen poco tiempo de vida útil siendo fundamental usar diferentes materiales no traicionales que enriquezcan los componentes físicos del pavimento, como las combinaciones asfálticas compuesta por neumáticos reusados; siendo de esta manera incluido como material dentro del Manual de vías además de protección vial EG-2013, para su utilización en el país como un aglutinante estandarizado que contribuirá a prolongar la durabilidad del asfalto y, además, generará menos contaminación (Portocarrero, 2019, p. 56).

Siendo la capital del departamento de Áncash, Huaraz pertenece al valle del Callejón de Huaylas ubicada en el norte peruano, pertenece a la región quechua ya que se encuentra localizada a 3,052 msnm; actualmente la respectiva ciudad se cuenta con varias vías en estado deplorable, donde la mayoría de los conductores se quejan porque no pueden transitar de manera segura, debido a que estas vías están con grietas, hoyos y demás fallas en el

pavimento. Asimismo, se puede deducir de ello que los responsables gubernamentales no toman cartas en el asunto debido a que no se realiza el mantenimiento periódico de las vías o bien que al momento de realizar las obras de pavimentación que suelen utilizar no es el adecuado o suficiente para que cumpla con las expectativas deseadas, ocasionando con ello que la vida útil de estos asfaltos sea corta y que en el poco tiempo se puedan visualizar fisuras o rajaduras.

Es por ese motivo, tomando lo expuesto con anterioridad es que nace la necesidad de realizar este estudio "Evaluación de una mezcla asfáltica sostenible utilizando neumáticos reciclados en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023", ya que como se pudo analizar que la gran mayoría desecha estos neumáticos, sin darle un mejor uso, que bien en estudios anteriores y más en otros países, los neumáticos pueden llegar a ser muy útiles con respecto al asfalto, llegando a mejorar sus propiedades tanto físicas como mecánicas.

Habiendo ya mencionado la respectiva realidad se propuso la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera el uso de los neumáticos reciclados impacta en la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023? Y como problemas específicos se tiene: ¿De qué manera la adición de caucho reciclado impacta en su porcentaje de vacíos de la mezcla de asfalto en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023? ¿De qué manera la incorporación de caucho reciclado impacta en el flujo de la mezcla de asfalto sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023? Y ¿De qué manera la incorporación de caucho reciclado impacta en la estabilidad de la mezcla de asfalto sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023?

Con respecto a la justificación, el respectivo estudio se justificó en el ámbito teórico, debido a que se van a citar a autores reconocidos científicamente, así como también se utilizó la norma vigente ASTM D-6114-97 que nos detalla sus requisitos requeridos con respecto a las mezclas asfálticas; además, la investigación propone estimar el porcentaje óptimo de partículas de caucho de llantas recicladas que hace falta al incorporarlo a una mezcla asfáltica para optimar sus propiedades, específicamente el de estabilidad, el flujo y el porcentaje de vacíos realizando modificaciones en su fórmula convencional, los criterios para poder realizar dicho proceso y diseñar una mezcla asfáltica fueron

enfocadas según el método Marshall MTC E 504. Por último, la importancia que tiene la investigación es porque se va a busca analizar el efecto de agregar residuos de neumáticos de caucho en la mezcla de asfáltica (Iswanto y Candra, 2019, p. 59). Asimismo, se justificó a nivel práctico, ya que los datos obtenidos acerca de la sostenibilidad de la mezcla asfáltica utilizando neumáticos reciclados van a ser de gran apoyo para futuros investigadores, ya que se mostrará la mejora de sus propiedades mecánicas y físicas de las briquetas. Socialmente se justificó debido a que este estudio aportará en dar opciones de reforzamiento de los pavimentos, para que así puedan tener una vida útil larga logrando que los transeúntes puedan movilizarse adecuadamente. Metodológicamente se justificó porque se utilizarán instrumentos que fueron confiables y validados por expertos en el tema en cuestión, manifestando así que en el estudio se obtuvieron datos verídicos, siendo esto provechoso para futuros investigadores.

Asimismo, teniendo como objetivo general: Determinar de qué manera una adición de neumáticos reciclados impacta en la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz-Ancash, 2023. Y como objetivos específicos se tiene: Indicar en que influye la adición de neumáticos reciclado en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023; explicar la adición de neumáticos reciclado en el flujo de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz-Ancash, 2023 y establecer la incorporación de neumático reciclado en la estabilidad de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023. Y finalmente, como hipótesis general se tiene la siguiente: El uso del caucho reciclado impacta positivamente en la mezcla de asfalto sostenible en la ciudad de Huaraz-Ancash, 2023. Y como hipótesis específicas: El uso de los neumáticos reutilizados impacta positivamente en el porcentaje de vacíos de la mezcla de asfalto sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023; El uso de los neumáticos reutilizados impacta positivamente en el flujo de la mezcla de asfalto sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023 y el uso de los neumáticos reutilizados impacta positivamente en la estabilidad de la mezcla de asfalto sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

### Internacionales

Espinoza y Navarrete (2023) en su estudio, tuvieron como fin realizar el análisis experimental de una combinación asfáltica con ingrediente de caucho de llanta reciclada a través de ensayos de laboratorio para acrecentar las composiciones mecánicas y liberación de cargas contaminantes al medio ambiente. Respecto a la metodología de este se caracterizó por ser de paradigma cuantitativo, de nivel correlacional y diseño experimental. La población estuvo constituida por todas las vías de acceso y carreteras ejecutadas con pavimento flexible que se encuentran a lo largo y ancho del país y la muestra representativa es la vía principal Urdaneta – Caluma que es aquella que presentó los daños significativos. Además, se realizaron dos muestras en briquetas (una para mezcla asfáltica tradicional compactada y la otra la mezcla no tradicional; en caso de esta última se remplazaron los agregados finos, como la arena, en cinco distintos porcentajes de caucho haciendo tres briquetas por cada uno, en total 15 muestras (porcentajes utilizados de caucho que fueron 1%, 0,8%, 0,6%, 0,4%, 0,2%). Para el análisis utilizaron el método de ensayo Marshall donde se obtuvieron los resultados de la combinación asfáltica tradicional con la combinación modificada. En cuanto a la estabilidad 0,2% y 0,6% fueron los mejores, respecto al comportamiento mecánico de flujo es 0,4% y similar la de 0,2% y respecto al porcentaje de vacíos determinaron que si hubo incremento porcentual debido a que cada vez que se agregaba el caucho de llanta a la mezcla asfáltica (1%, 0,8%, 0,6%, 0,4%, 0,2%) el porcentaje de vacíos aumentando. Concluyendo que los resultados de las muestras también determinaron que la compatibilidad se mide de acuerdo con la normativa NEVI -12, donde la estabilidad tiene que ser menor a 2200 lb con un rango de % de vacíos del 3% - 5% y con un movimiento dentro del rango del 8-14.

Chamba y Benavides (2019) en este estudio, tuvo como finalidad elaborar una composición asfáltica incorporando caucho de neumáticos reciclados como componente adicional, evaluando cómo afecta esto a las propiedades

físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica mediante comparaciones experimentales con la fórmula convencional, para así determinar el porcentaje óptimo para su modelado. Este modelado se desarrolló a través del procedimiento seco donde el grano de caucho reciclado se introduce directamente a la composición asfáltica, integrándose el 0,5 por ciento, 1 por ciento, 1,5 por ciento, 2 por ciento, 2,5 por ciento de GCR en relación con la medida de los agregados. Para examinar las mezclas asfálticas, se llevaron a cabo ensayos de laboratorio, tales como: gravimetría máxima teórica según el método RICE, densidad Bulk, y prueba de resistencia Marshall. Además, para evaluar el desempeño se realizó un análisis comparativo sobre la estabilidad y deformación de la mezcla estándar en contraste con la modificada, utilizando diferentes porcentajes de caucho. Esto reveló que parámetros aceptables para soportar tráfico intenso se lograban con una incorporación de 0,5% y 1% de caucho granulado de neumáticos reutilizados. Concluyendo que con la introducción como agregado del GCR aumentando los espacios volviendo la composición más porosa. De esta forma, es posible usar estas composiciones como una drenante.

Hosahally y Prapoorna (2023) en su artículo científico, su finalidad fue rediseñar asfalto – caucho (AR) en forma de un conjunto de dieciocho productos de caucho de asfalto modificado (MAR) que comprenden altos contenidos de neumáticos reciclados goma de migas (CR) a través de activación y pulverización. Se sintetizó un conjunto de productos MAR a través de diferentes dosis de mezcla, secuencias y combinaciones de materiales. Las técnicas de caracterización del material (espectroscopía atenuada con reflejo total y difracción de rayos X en polvo) revelaron que el tipo de aditivos y las proporciones de cada material presentan un efecto significativo sobre las propiedades fisicoquímicas de MAR. Este estudio enfatizó el mejor uso de CR que emana de neumáticos de desecho en aplicaciones de pavimentación mediante la incorporación de volúmenes más altos (tan grandes como 62%) en la preparación de MAR en comparación con el aglutinante AR convencional que actualmente incluye alrededor de 15 – 20% CR en peso de la base aglutinante de asfalto. El rendimiento de fatiga de la mezcla densa graduada modificada con MAR (MAR mezclada con

agregados naturales) se comparó con la mezcla convencional, que reveló que el producto de clasificación densa modificado con MAR tendrá una mayor vida útil de fatiga en más de dos veces, y una mayor durabilidad que la mezcla convencional. Prácticamente, los productos MAR se pueden usar para aplicación instantánea en parches de baches, rehabilitación y nuevas construcciones a través del proceso seco tecnología reemplazando una proporción razonable de agregados convencionales en la mezcla de asfalto. Se prevé que las carpetas MAR reducirán el costo total de construcción de pavimento utilizando el CR no tratado (o no procesado) en grandes cantidades apoyando activamente el mecanismo de reciclaje y economía circular.

Ortiz (2021) en su estudio, se investigó una composición de asfalto de tipo III agregando polvo de caucho de neumáticos utilizados, a través de un procedimiento humedecido, con la finalidad de saber la incidencia de esta sobre las alteraciones de una composición asfáltica accesible a ser utilizada en la pavimentación a través de revestimientos. Con la finalidad de desarrollarlo se calificó el polvo de caucho mediante el estudio granulométrico utilizando el análisis de normalidad de datos; se estudió la conducta dinámica de toda la composición caucho-asfalto mediante el modelo Marshall determinado en la Norma COVENIN-2000-87 correspondiente a las vías; especificándose el % correcto de caucho en la composición transformada. Determinándose % de caucho como de 5%, 10% y 15% en masa, a 150°C y 170°C. Teniéndose una granulometría de 1,60 mm de diámetro, utilizada para los estudios observados en la normativa, consiguiendo que a 5% de inclusión de caucho a 170°C tuvo como producto una composición con buenas características como es: incremento de la flexibilidad, demora en la aparición de quiebres además de incremento de la impenetrabilidad.

Askarinejad et al. (2020) en su investigación mencionan que, al incrementarse la cantidad de llantas de desecho debido al aumento de número de vehículos, es necesario beneficiarse del material del que están hechos los neumáticos, y esto plantea un verdadero desafío. El propósito de

este documento es investigar el impacto del uso del caucho de llantas de desecho (de 10 años) en el diseño de mezclas asfálticas (desgaste de 3/4" curso). El caucho triturado se utiliza con grado de betún (60/70). Cuatro porcentajes diferentes de caucho se utilizan con betún: 5%, 10%, 15% y 20%. Esto en la prueba de Marshall, así como la prueba de ductilidad, se realizaron considerando los siguientes porcentajes de betún: 4%, 4,5%, 5%, 5,5% y 6%. El asfalto óptimo y los contenidos de caucho se investigan mediante la aplicación de varias mezclas de prueba que contienen diferentes betunes y caucho con los siguientes porcentajes: 95% y 5% caucho, 90% y 10% caucho, 85% y 15% caucho, y 80% y 20%, respectivamente. En relación a los resultados de los experimentos de laboratorio, se recomienda a las entidades relevantes y a las partes interesadas que utilicen dichos materiales en la pavimentación de carreteras asfaltadas. Desde un punto de vista optimista, se espera que el uso de tales materiales minimice el costo unitario de pavimento (metro cuadrado) así como los impactos ambientales (una solución amigable a los problemas de residuos de llantas). Los resultados indican que el 10% y el 15% del caucho cumplen con las normas y especificaciones. Siendo así que La adición de un 10%-15% de caucho al betún de la composición asfáltica mejora todas las características tales como vacíos de aire, VMA, estabilidad y flujo. Las normas indican que los resultados del Test Marshall son aptos para tráfico pesado con una estabilidad mínima de 680 kg (75 golpes) y caudal máximo de 4 mm. El VMA mínimo para una mezcla de 3/4" es 14 y el intervalo de vacíos de aire es entre 3 y 5.

### **Nacionales**

Rivera y Tocto (2021) en su investigación, tuvo como finalidad determinar la incidencia del polvo de caucho de neumáticos en composiciones asfálticas para una pavimentación además de cuáles resultarían siendo las consecuencias que trae consigo al incluirles el caucho con relación al ejemplo tradicional. generándose un estudio con modelo científico, con propósito aplicada, paradigma cuantitativo además diseño experimental. Respecto a la población además de la muestra se constituyó por 60 briquetas

adaptadas con composición asfáltica convencional, así como de composición asfáltica agregando polvo de caucho proveniente de neumáticos. Se basó en relación con el manual técnico de vías haciendo uso del ensayo de Marshall además del de inmersión-compresión. Los resultados mostraron una buena incidencia del PC en la composición asfáltica debido a que colaboran a garantizar su conducta mecánica demostrando gran vigor a las alteraciones, más vigor al ahuellamiento ya que sus parámetros de modelado se incrementan con la inclusión de polvo de caucho con referente a la composición convencional. Concluyéndose que la incidencia del polvo de caucho sobre la composición asfáltica es favorable ya que a las composiciones transformadas con caucho de un 0.5% se incrementa su vigor a las cargas axiales además su transformación con relación a la tradicional.

Carranza (2021) se propuso calificar una composición asfáltica incluyendo residuos de neumáticos con la finalidad de evidenciar sus características de acuerdo con el manual de vías "Especificaciones técnicas Generales para Construcción" EG-2013 (MTC, 2013) para asegurar su probable utilización en vías Chotanas. La metodología es de paradigma cuantitativo, con finalidad aplicada, de alcance descriptivo además diseño experimental transversal de laboratorio. La población se conformó por canteras: Conchán (agregado fino), Los Peroles (agregado grueso), río Doñaana (filler) de donde se extrajo material para elaborar la mezcla asfáltica y también los residuos de neumáticos. La muestra estuvo integrada tres briquetas de cada diseño de composición asfáltica 85/100 desarrollada en caliente con cemento asfáltico al 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5% del peso de la mezcla, agregado fino de la cantera Conchán, arena zarandeada del río Doñaana y agregado grueso de la cantera Los Peroles, a fin de definir una mezcla óptima para ser modificada con 0%, 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de caucho triturado recolectado a partir de residuos de neumáticos fuera de uso abandonados en la periferia de la ciudad de Chota, como sustituto parcial del peso del agregado fino (arena de Conchán + arena zarandeada del río Doñaana). Las técnicas empleadas fueron la observación, el análisis de laboratorio y la comparación; como instrumentos se empleó la ficha de



observación, los formatos de laboratorio y la matriz de comparación. Se desarrollo además puso a prueba Marshall, la composición asfáltica 85/100 con la dosis adecuada de cemento asfáltico (6,1%) además de suministros de la provincia, cambiando la medida seca del suministro fino por caucho machacado reciclado en % de 1 por ciento, 2 por ciento, 3 por ciento, 4 por ciento y 5 por ciento. Concluyéndose que la fórmula asfáltica ideal 85/100, conteniendo un 6.10% de asfalto cemento y un adicional 1% de caucho reciclado triturado, cumple con las normativas EG-2013, garantizando su posible aplicación en carreteras urbanas.

Cerrudo (2021) en este trabajo se pretende determinar la incidencia de neumáticos reciclados en composiciones bituminosas de curso seco en calles locales con pavimento resistente, caracterizadas por la aplicación, además del paradigma cuantitativo del diseño experimental. La población estuvo conformada por pavimento permisivo con composición asfáltica para vías secas de calles colectadas, la muestra estuvo conformada por pavimento flexible con composición asfáltica para vías secas en calles vecinales. En cuanto a la técnica utilizada, es de observación, y los instrumentos utilizados servirán de guía para la observación, a excepción de la prueba de Marshall, que se utiliza para la composición asfáltica sin convertir, y para variaciones de 2,5% y 5% de polvo de neumáticos. Dando como resultado un saldo de 6,86 Kn. En la composición convencional, la composición bituminosa con un 2,5% de polvo de neumáticos es de 10,65 Kn, además la composición bituminosa con un 5% de polvo de neumáticos es de 10,84 Kn. En cuanto al movimiento, los porcentajes son 16,3 para la composición regular, 15,7 para la composición asfáltica con 2,5% de polvo de neumáticos y 15,3 para el asfalto excepto 5% de polvo. Para el porcentaje de espacio, es 16,3 para la composición asfáltica normal, 15,7 para la composición asfáltica al 2,5% con polvo de neumáticos y 15,3 para la composición asfáltica al 5% con polvo de neumáticos. Se concluyó que cuando se utilizó polvo de neumáticos al 2,5% se obtuvieron mejores propiedades de composición asfáltica, equilibrio y porcentajes de movimiento y vacíos. Cuando se utilizó polvo para neumáticos al 5 % para mejorar la estabilidad, el porcentaje de flujo se mantuvo dentro del rango,

pero el porcentaje de huecos no cumplió con la norma CE. 010 de aceras urbanas.

Macedo y Ureta (2020) en su investigación tuvieron como finalidad decretar la manera en que incide el caucho como elemento modificador de medidas con diseño de una combinación asfáltica convenido usado en el procedimiento de una vía seca, basándose en data recopilada de estudios acordes al tema. Esta investigación de finalidad aplicada, paradigma cuantitativo con alcance correlacional y un diseño sin manipulación de variables de corte transaccional. Su universo de estudio lo conformaron todo resultado sobre parámetros de prueba Marshall de combinaciones asfálticas en caliente transformados con diversos porcentajes con caucho neumático en proceso seco y mezclas con asfalto convenidas, además estas contienen cemento con asfalto cappen 60/70; la muestra han sido la base informativa de 7 autores (contenida por 97 estudios de cada parámetro de los diseños Marshall). Para la recopilación de información se usó como técnica la observación y como instrumento la guía de observación. Se examinaron las variables que intervienen en las combinaciones de asfalto reformadas con caucho, en tamaño y forma de la partícula, los porcentajes de inyección de caucho, temperatura y periodo de asimilación. Todo esto para saber de qué forma incide incorporar el caucho en los parámetros en los diseños Marshall y a la vez conseguir el porcentaje aproximado al adecuado. Así, se llegaron a los resultados que se cumple con los parámetros del diseño Marshall al juntar un 0.5% de caucho en una proporción del 5.5% de asfalto, a una temperatura de 170°C y un periodo de mezclado de dos horas para su integración. Esto provoca una disminución en la densidad de una mezcla de asfalto en comparación con las mezclas convencionales, debido a que las partículas de caucho presentan menor densidad que los agregados tradicionales, resultando en que el volumen total de la mezcla aumenta de manera proporcional con la adición de más caucho.

Cuba y Santos (2021) en su investigación, tuvo como objetivo estimar las propiedades físicas y mecánicas de mezclas asfálticas en caliente incorporando llantas recicladas en pavimentos flexibles, Junín 2021, a partir

de pruebas de tamaño de partícula, fracción vacía, fluidez y estabilidad. Metodología propuesta: pertenece al diseño experimental (cuasi), el tipo de nivel es explicativo (causalidad), método cuantitativo y finalidad de aplicación. La población está constituida por todos los ensayos físicos y mecánicos de clase A, la muestra es de 36 briquetas, de las cuales 03 ensayos de porosidad, 03 flujo empleando Marshall y 03 estabilidad con la prueba Marshall, posteriormente se definen las propiedades mecánicas y físicas de acuerdo a la representación a escala (N, N+1%, N+3% y N+5%). La técnica de recopilación de datos utiliza el método de observación y los instrumentos son la placa de control de observación, la prueba de análisis de tamaño de partículas, la prueba de gravedad específica del arroz, la prueba de porosidad, la prueba de flujo de Marshall y la prueba de estabilidad. Al agregar caucho granulado en proporciones del 1%, 3% y 5%, de acuerdo con especificaciones detalladas, se observó que el contenido de huecos en la mezcla asfáltica con un 5% de caucho aumentó del 4.3% al 6.9% en las mezclas asfálticas calientes destinadas a pavimentos flexibles. Además, la fluencia de la mezcla de asfalto caliente que contenía un 5% de caucho se elevó de 13,2 mm a 22,3 mm, en tanto que la estabilidad disminuyó de 9,9 kN a 5,8 kN. Esto lleva a la conclusión de que el añadido de caucho aminora la fortaleza de la mezcla asfáltica.

Caro y Casimiro (2020) en su investigación, tuvo como finalidad examinar la diferenciación de las propiedades con mecanismos de una combinación de asfalto agregándole partículas de caucho en diversas proporciones. La metodología es de finalidad aplicada, de alcance correlacional y de diseño con manipulación de variables. Sus muestras de estudio estuvieron conformadas por una totalidad de briquetas con mezcla de asfalto realizados con agregados en la provincia de Huaraz, la cual corresponde a 30 briquetas con mezcla de asfalto, que fueron analizados con y sin presentar partículas de caucho. Las técnicas usadas fue la observación y las pruebas estandarizadas; el instrumento empleado en la investigación fue la guía de observación (plantilla de datos en Excel) y una máquina de prueba de estabilidad Marshall. Se ejecuta un análisis granulométrico para comparar si el material que se usará pueda cumplir con los requisitos y porcentajes

acordes para la fabricación de las muestras, demostrando que el material conseguido en la ciudad es óptimo para la fabricación de muestras de briquetas con asfalto. Las 30 briquetas se separaron en grupos de 5 para cada porcentaje agregado de cemento con asfalto (C.A.) y partículas recicladas de caucho que ya tenían. Se dio como resultado que la estabilización y flujo de las muestras crecen por que el porcentaje incorporado de cemento con asfalto y caucho molido es de 4% y 1% respectivamente, estos están dentro de los límites recomendados por el Instituto del Asfalto, por otro lado, otras briquetas que contienen solo cemento con asfalto en 4%, 5% y 6%, sin nada de caucho, generaron resultados menores a los ya mencionados, briquetas con 5% de C.A. y 1,5% con caucho molido, además la biqueta con 6% de C.A. y 2% de caucho presentan mejor estabilidad, aumentando también su flujo, aunque el problema es que en el flujo deben estar con márgenes establecidos para que se pueda usar de manera eficiente, que no pasa en estas muestras y el flujo excede el margen recomendado.

En cuanto a las bases teóricas respecto a la primera variable, **mezcla asfáltica sostenible**, según Jiménez (2021, p. 48) se efectúan desde el uso del asfalto, que es producto que deriva del petróleo. Las mezclas asfálticas son derivados de la combinación de cemento con asfalto y materiales pedrosos, acorde a las especificaciones técnicas. Su conducta mecánica y dinámica va a depender de las propiedades combinadas, como todo y propiedades particulares en los materiales. Respecto a lo que se agrega, es conveniente examinar su principio y naturaleza, porque todas las partículas vienen de un acopio mayor, pudiendo fragmentarse por procesos naturales como el intemperismo y abrasión o a través de trituración mecanizada, por esto gran parte de sus propiedades y particularidades van a depender de la roca madre. El asfalto, va a proporcionar una cohesión y unión íntima entre los adheridos, siendo capaz de aguantar la reacción mecánica de disgregación realizada por la carga de vehículos, e de igual manera aumenta la capacidad portante estructural, logrando reducir su espesor (Reyes et al., 2013, p. 78). Asimismo, Cardoza (2019, p. 25) sostiene que se denomina también aglomerado y que se compone por diversos materiales y elementos

minerales pedrosos. Estas combinaciones con asfalto podrán ser de diversas temperaturas calientes y frías, consiguiendo alternativas que van a depender del uso que se le da; entre las cuales los períodos de temperaturas del ambiente que tienen incidencia en la conducta de la combinación de asfalto y se componen fundamentalmente las variables para diseñar las estructuras flexibles del pavimento.

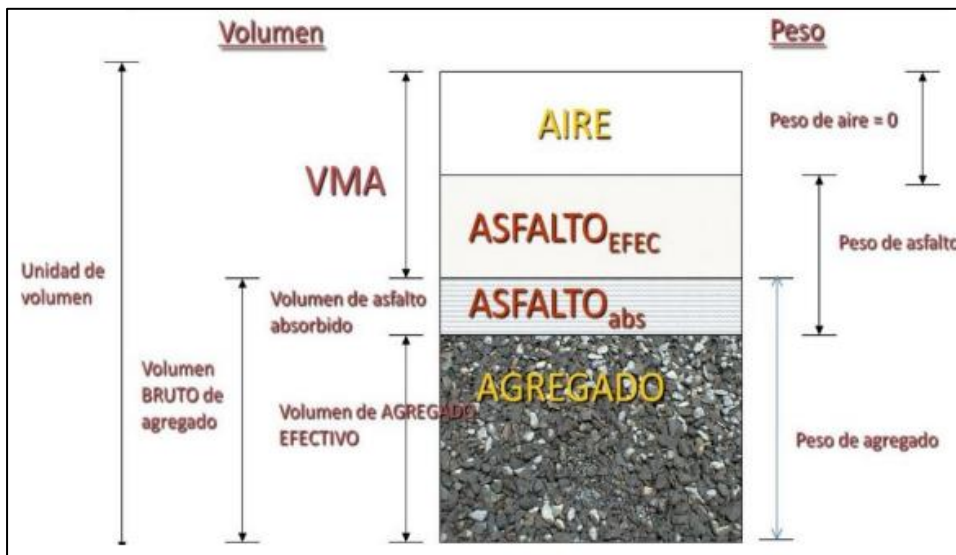


Figura 1. Componentes de la mezcla asfáltica

Fuente: Cardoza (2019, p. 27)

En todo el mundo, la mayoría de las carreteras son pavimentos flexibles que contienen mezcla asfáltica. Dependiendo del temple de producción, la combinación de asfalto dividida ampliamente en 3 categorías, es decir, mezcla caliente de asfalto (HMA), mezcla tibio de asfalto (WMA) y mezcla asfáltica en frío (Jain y Singh, 2021, p. 625). La primera y más utilizada mezcla asfáltica es HMA para la construcción de pavimento. El HMA se prepara a una temperatura muy alta que llega hasta los 190 °C y las ventajas de usar HMA son un rendimiento superior y un costo inicial más bajo (Ling et al., 2016, p. 236). El principal problema asociado con HMA, debido a su alta temperatura de fabricación, es la realización de efectos invernaderos de gases que impactan adversamente al medio ambiente (Jain y Singh, 2021, p. 71). La mezcla asfáltica tibia (WMA) es el segundo tipo de mezcla asfáltica que ha conseguido ser popular en las dos últimas décadas. WMA tiene una temperatura de fabricación en el rango de 100 a 140 °C (212 °F a 284 °F), lo

que lo convierte en un buen sustituto de la combinación caliente de asfalto (Monu et al., 2019, p. 76). En comparación con HMA, el temple mezclado y compactado de WMA es de 20 a 40 °C más bajo, lo que lo hace amigable con el medio ambiente. Esta reducción de temperatura en WMA se logra principalmente de tres maneras, que incluye; usando aditivos orgánicos, usando aditivos químicos y usando técnicas de espumado de agua (Jain y Singh, 2021, p. 35). La tercera categoría de mezcla asfáltica es CMA, que es mejor que HMA y WMA en términos de rentabilidad, consumo energético y respetar el entorno ambiental. Actualmente, CMA se utiliza principalmente para obras menores de construcción y reparación. La temperatura de fabricación de CMA está en el rango de 0 a 40 °C. Debido a la baja temperatura de producción, CMA no requiere calefacción, lo que resulta en un ahorro de energía significativo (Lu et al., 2013, p. 41). La fabricación de mezclas asfálticas en frío no precisa de una inversión considerable en maquinaria, lo cual promueve su implementación. Este tipo de mezcla es aplicable en zonas aisladas y es apta tanto para la construcción de nuevas infraestructuras (empleando mezclas completamente nuevas) como para el reciclado de pavimentos asfálticos existentes (utilizando material asfáltico recuperado). Entre los beneficios más destacados de la mezcla en frío se encuentran su eficiencia en costos, su menor impacto ambiental, reducción de emisiones y su disponibilidad más amplia (Jain y Singh, 2021, p. 35). Por otro lado, tenemos el diseño Marshall para lo cual en el diseño de mezclas de asfalto en caliente se utilizó el método Marshall a través del análisis de estabilidad como fluencia, densidad y vacíos (Bonilla et al., 2020, p. 61). Además, la estabilidad Marshall y el flujo de mezclas asfálticas, en conjunto con la densidad de la mezcla en campo, VA, VMA y/o VFA, se utilizan para elaboración de mezclas bituminosas en el laboratorio y control in situ. Además, los parámetros Marshall son de gran utilidad para revisar el proceso de producción de mezclas asfálticas en planta (ASTM D6927). La prueba Marshall se efectúa con muestras cilíndricas de 4 pulg. (102 mm) de diámetro y espesor de  $2,5 \pm 0,10$  pulg. ( $63,5 \pm 2,5$  mm) (Bojorque, 2019, p. 352). Por otro lado, tenemos a la norma americana vigente que es ASTM D-6114-97

que señala las especificaciones para mezcla de asfalto modificados con partículas de llanta molida (Ubina, 2019, p. 89).

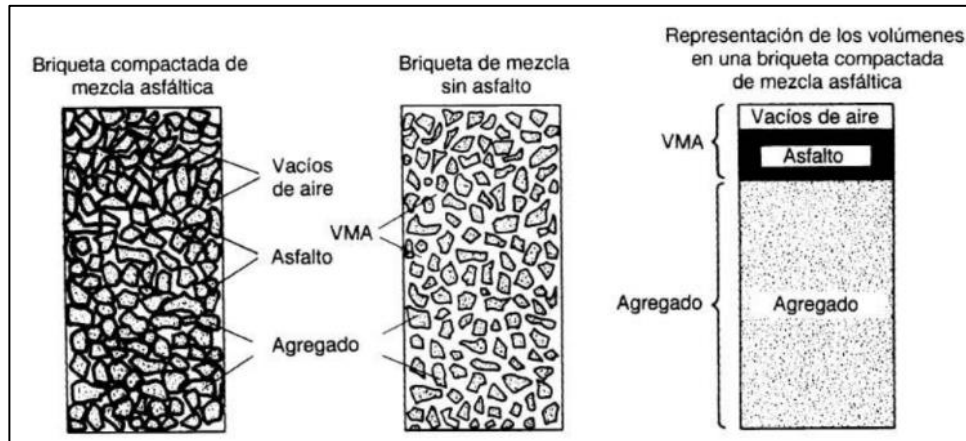


Figura 2. Briquetas de mezcla compactadas

Fuente: Prieto (2016, p.48)

Dentro de las dimensiones de esta variable tenemos: las **propiedades físicas** más relevantes de una combinación de asfalto son: porcentaje de vacíos, estabilización, dureza, maleabilidad, firmeza a la fatiga, tenacidad a la fracturación por un temple bajo, tenacidad al perjuicio de humedad, firmeza al deslizar y trabajo (León et al., 2020, p. 358). Entre estas tenemos al **porcentaje de vacíos**, según Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2016, p. 785), esta es importante dado que a inferior contenido de vacío resultará inestable ya que el flujo plástico o posterior de la pavimentación que se expone por un tiempo determinado al tránsito reorientado de partículas y adicional compacto; mientras que mayor contenido de vacío se vinculan con frecuencia a las combinaciones con mayor permeabilidad, admitiendo que circule aire y a su vez agua mediante el pavimento, generando que endurezca temprano el asfalto, desprendiéndose del agregado, o tal vez desprendiéndose lo asfáltico en el agregado. Siendo así que estas dificultades pueden ser evitadas considerando el porcentaje de vacíos controlado e idóneo. Este es calculado mediante:

$$\% \text{ de vacíos de aire} = 100 \times (1 - (\text{pe bulk} / \text{pe teórico máximo}))$$

Donde: **pe bulk**: gravedad específica bulk

**pe teórico máximo:** gravedad específico teórico máximo.

Respecto a su densidad, al ser más, la combinación de asfalto contendrá menos vacíos en porcentaje, generando que en las probetas su deformidad sea menor y por otro lado el valor resistente será mayor (Reyes et al., 2013, p. 89). Como segunda dimensión tenemos a las **propiedades mecánicas**, están definidas como pertenencias inseparables a total macizo, que se muestra al momento de aplicar algunas fuerzas, referente a la firmeza de carga, o potencia, además se refiere a las conductas mecánicas de todos los materiales, que son medidas mediante pruebas (Davim, 2018, p. 423). Entre estas tenemos al **flujo**, que según Veropalumbo et al. (2018, p. 103) expone lo capaz que es la combinación asfáltica para la resistencia de asentar gradualmente y deformarlo sin grietas. Además, para León et al. (2020, p. 63) la valorización de flujo es la deformidad que se genera en la muestra sin carga y entre el punto de mayor carga mientras se da el examen de persistencia. La otra propiedad mecánica es la **estabilidad**, esta expone la capacidad de la combinación de asfalto para aguantar enviones y surcos (Calva y Muñoz, 2022, p. 31). También León et al. (2020, p. 65) mencionan que la persistencia señala la firmeza máxima que aguanta la combinación asfáltica. Estas combinaciones de asfalto podrán presentar dificultades en el desempeño puesto que las propiedades de los elementos usados en el diseño, a fuerzas ejecutadas y a las situaciones ambientales a las que se someten. Por ende, al ejecutar el diseño de una combinación, se considera los factores y gestionar que la combinación tenga la capacidad de aguantar la deformidad continua, grietas por fatiga y daños de la humedad (Cruz et al., 2021, p. 15).

Respecto a la segunda variable, denominada **neumáticos** que según Lemache (2021, p. 1259) simbolizan uno de los elementos que influyen en el rendimiento y conducta de los automóviles, porque están en contacto con el suelo. Asimismo, para Norma Técnica Ecuatoriana (2012, p. 73) el aparato mecanizado realizado de caucho, acero, químicos y materiales diversos que al momento de ser acoplados en ruedas de automotriz suministran la tracción y aguanta la carga automotriz. El acopio de ruedas usadas y eliminadas son



dañinas para la salubridad, también en algunas circunstancias en el ambiente se dan incendios, que contaminan en gran medida el ambiente Rashid y Balouch (2017, p. 591), todo esto debido a que las ruedas terminan en basureros ilegales o legales, calles o barrancos que generan contaminación visual (Nazer et al., 2019, p. 724). La eliminación de llantas de desecho es extremadamente difícil debido a la característica termoendurecible de los cauchos naturales y sintéticos, que apenas se degrada en condiciones ambientales normales. El vertido y la quema son procesos tradicionales para tratar las llantas de desecho. Sin embargo, el vertido no solo enfrenta el agotamiento del espacio disponible, sino que también puede resultar en una amenaza para la salud humana e incendios accidentales (Gong, 2019, p. 26).



Figura 3. Componentes de la mezcla asfáltica

Fuente: FeelGreen (2020, p.4)



#### *Figura 4. Componentes de la mezcla asfáltica*

Fuente: Nazer et al. (2019, p. 724)

Siendo así que, hoy en día, en Europa hay más de 500 bienes en los mercados que utilizan ruedas sin uso reciclado (ETRA 2005). Generalmente estos no las exportan o las venden a otros países, generando que en un país haya una aplicación que otros países desconocen. Aumenta la aplicación en trozos y de ruedas completas y singularidades (ej/ elastómeros termoplásticos), por otro lado, en la situación de granulado existe una mayor capacidad de realización que obliga que los precios bajen, habiendo necesidad de ampliar los mercados para aportar en el sostenimiento de las ofertas. Una escala valorativa en el mercado europeo demuestra que el mercado esencial para la granulación de ruedas que no se usan se usan para rellenar superficies para el deporte. Se aprecia que en el 2003 se realizaron de 4.000 a 6.000 terrenos de fútbol que cada uno uso alrededor de 50 y 80 toneladas, suponiendo de 200.000 a 480.000 toneladas en totalidad. Dow Chemical mercantiliza con la marca Voramer siendo una serie de aglomeraciones granuladas recicladas de caucho. Esta contiene tres principales productos, para aislar el sonido en edificaciones, para moldeado de productos y para aplicar vibración reductora en transporte como, por ejemplo, en la encapsulación de carreteras y en revestimientos para plataformas de estaciones de tren. La compañía noruega Ramboll RST lleva a cabo proyectos en colaboración con varias empresas y con la Universidad de Lund para la construcción de pistas destinadas a competencias ecuestres. La estructura de estas pistas de competición consiste en capas de tejido, segmentos de neumáticos de 5-10 cm y una capa base de aproximadamente 300 mm de espesor compuesta de tela y arena mezclada con fragmentos de roca. En Hungría, los proyectos programados para los años 2005-2006 se enfocaron en la creación de espacios para 1.000 hectáreas de áreas recreativas, 100 hectáreas para deportes, 100 kilómetros de carril bici, 50 kilómetros de caminos agrícolas y la rehabilitación de 20,000 m<sup>2</sup> de vertederos (Sánchez, 2012, p. 28). Además, también según Lo Presti (2013, p. 210) sostiene que el caucho triturado (CR) se puede utilizar para producir mezclas asfálticas de resistencia superior al agrietamiento y la

formación de surcos, denominadas asfalto modificado con caucho triturado (CRA) o caucho asfáltico (AR). Según Álvarez (2019, p. 12) de la escala de posibilidades de uso en con diversas tecnologías para aprovechar y valorizar el material y energía del restante de los Neumáticos fuera de uso (NFU) ,existen las siguientes alternativas: i) Aprovechar la energía y elemento primordial para realizar el cemento; ii) Aprovechar la energía termoeléctrica de las calderas; iii) Elementos fundamentales para producir pavimento con asfalto; iv) Triturar y pulverización de NFU para producir caucho en polvo para exportarlo. Elaborando la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Opciones para aprovechar NFU, según la técnica de ponderado.

Parámetros.	Peso en %.	1° Alternativa Combustible y materia prima en la industria del cemento.	2° Alternativa Combustible para energía eléctrica en plantas termoeléctrica.	3° Alternativa Polvo de caucho para pavimento asfáltico.	4° Alternativa polvo de caucho para productos de caucho.
Valoración máx.		100.0	100.0	100.0	100.0
Económico cuantificable	25%	60.0	12.0	52.0	44.0
Económico no cuantificable	20%	25.0	25.0	75.0	100.0
social	20%	40.0	35.0	85.0	85.0
Ambiental	20%	75.0	50.0	65.0	90.0
Tecnológico	15%	60.0	27.0	34.0	100.0
Ponderado final	100%	52.0	29.0	63.0	81.0

Fuente: obtenido de Álvarez, Sergio (2019, p.31).

Los NFVU, pueden ser gestionados y tratados, para ello son clasificados en base a la clase de neumáticos, según las categorías que se detallan a continuación: 1) neumáticos pequeños (motos, scooters, turismo, camionetas 4x4 y furgonetas), 2) neumáticos medianos (camiones y autobuses) y 3) neumáticos grandes (industriales y agrícolas). Generalmente son introducidos completos en las máquinas de triturado debido a que extraer cada material del que está conformado es un procedo complicado que n la actualidad significa un desafío tecnológico a ser superado e incluso

en cierto caso también implica recursos económicos (La guía de empleo del caucho reutilizado procedente del neumático, 2021, p. 33). Dentro de esta valorización de los neumáticos fuera de uso, se entiende que se trata de un procedimiento el cual brinda valor a los neumáticos que ya no pueden ser usados, ya sea al recuperar su poder calorífico. Por otro lado, los materiales que puede ser separados son: 1) Caucho: se caracteriza por poseer muy buena propiedad mecánica como la tracción, flexión y compresión; 2) Metal: contienen aceros de calidades excelentes y grandes prestaciones, material que es reciclado por empresas siderúrgicas; 3) Fibra: insumo con un grande poder calorífico y además es muy buen aislante acústico y térmico. Con un propósito de extraer el mayor provecho de los neumáticos y de los materiales que lo conforman se hace necesario identificar sus propiedades más importantes: poseen grandes capacidades de absorción de vibraciones, así como grandes capacidades para drenaje, pesadez reducida, mayor resistencia al corte, además altas resistencias a agentes climatológicos, flexibilidad y alto poder calorífico (Sánchez, 2012, p. 27). En este trabajo nos centraremos en el caucho, según Sánchez (2012, p. 29) también denominados elastómeros, es un material polimérico que posee dimensiones que tienen la posibilidad de ser transformada si es sometida a tensión mecánica, regresando a su origen cuando acabe la tensión. Además, Bressi (2019, p. 5) indica que el material más utilizado en la composición del compuesto para neumáticos de automóviles es el polímero Stirene Butadiene Rubber (SBR), un caucho sintético (SR) compuesto por estireno y butadieno, mientras que el compuesto para neumáticos de camiones está compuesto principalmente por caucho natural (NR). NR es un polímero crudo de alto peso molecular cuyo componente principal es el poliisopreno. Después de una adecuada filtración y solidificación de la *Hevea brasiliensis*, el látex se convierte en caucho natural, un material elástico con alta duración y resistente a la fatiga.

Las dimensiones de la segunda variable son: **características físicas** van Hoek (2019, p. 6) menciona que los cauchos reciclados procedentes de neumáticos son materiales heterogéneos y complejos, están compuestos por mezclas de cauchos (como el natural, estireno-butadieno, halobutílico y

butadieno), además, incluye diversos componentes como el negro de carbono y la sílice alterada con distintas clases de silanos, aceites y otros elementos adicionales (como el sistema de vulcanización y agentes anti-degradantes). Estos provienen de diferentes secciones que forman parte de los neumáticos, tales como la banda de rodaje, los flancos y el revestimiento interior, entre otros. Adicionalmente, se incorporan variedades de neumáticos, los cuales se combinan durante las etapas de trituración y molienda.

**Tabla 2.** Composición promedio granular/polvo de caucho de NFVU (porcentaje en masa)

Fracción	Componentes	% en masa
Aceite y otros ingredientes	Aceite, sist. de vulcanización, antiozonantes, antioxidantes.	2 a 5
Mezcla de caucho	BR, XIIR, NR, SBR	55 a 60
Mezcla de carga	Ngro de carbono, sílice.	35 a 40

Fuente:Obtenido de Saiz et al. (2021, p. 743).

Como las dimensiones tenemos a la **granulometría**, al caracterizar el polvo o granular de caucho, es importante tener en cuenta que estos materiales consisten en granos de caucho vulcanizado de diversos tamaños (menores a 20 mm), las cuales se originan de distintas secciones de los neumáticos y de diferentes tipos de estos, en consecuencia, las partículas se componen y tienen propiedades un poco distintas (Pérez y Saiz, 2018, p. 745). En cuanto a la **densidad de partículas**, Saiz et al. (2021, p. 740) menciona que otra particularidad fundamental de caucho que ha sido reciclado es su densidad aparente y real, además de la morfología y el área superficial específica del material. Estas propiedades dependen del método de molienda utilizado, que puede ser a temperatura ambiente, mediante chorro de agua o a través de técnicas criogénicas. Sin embargo, generalmente el caucho en polvo presenta valores de área superficial inferiores en comparación con los agentes de refuerzo tradicionales usados en la industria (menos de 0,1 m<sup>2</sup>/g en contraste con más de 30 m<sup>2</sup>/g del negro de carbono). **Respecto al contenido de humedad**, según se refiere Martines y Lira (2011, p. 2) al

grado que evidencia la porción de agua en los materiales sólidos y que además se puede presentar en forma de bases de masas secas o húmedas. A pesar de que ambas evidencian la cantidad de humedad de una muestra, el valor que arrojan es diferente, por lo tanto, al expresar contenidos de humedad sin señalar la base de masa, se puede caer en malas interpretaciones. Puesto que la gran parte de insumos sólidos se componen de materia seca y agua, por lo que se establece:

$$m_h = m_s + m_{H_2O}$$

Donde:  $m_h$  = masa total  
 $m_s$  = masa seca  
 $m_{H_2O}$  = masa de agua

La cantidad de humedad se puede expresar de las siguientes dos formas:

- |   |   |
|---|---|
| <p>a) CH para base seca: es el resultado de dividir una masa de agua en el material y su masa seca.</p> | <p>b) CH para base húmeda: es el resultado de dividir una masa de agua dentro del material y su masa total.</p> |
|---|---|

$$\%H_{bs} = \frac{m_{H_2O}}{m_s} \times 100$$

$$\%H_{bh} = \frac{m_{H_2O}}{m_h} \times 100$$

Como segunda dimensión tenemos, la dosificación según Hoyos et al. (2019, p. 14) es el establecimiento de las proporciones apropiadas del caucho, a cabo de la resistencia y durabilidad necesaria o bien conseguir un acabado o adherencia correcta. En esta investigación se emplearán 3 tipos.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

Esta investigación correspondió al propósito aplicado, porque se aplicó el conocimiento teórico existente sobre las variables investigadas para solucionar la problemática señalada y así se pretendió que se solucionen con el fin de que se conozca la repercusión de adicionar neumáticos reciclados en mezclas asfálticas sostenibles (Hernández y Mendoza, 2018, p. 65).

A base del enfoque, este estudio fue cuantitativo, debido a que en este tipo de estudios se usan procesos en base a datos numéricos llevando a cabo el análisis, investigación y comprobación de la información que se tiene; es producido por causa-efecto de situaciones, siendo esta técnica la más utilizada (Rodríguez, 2020, p. 210).

En cuanto al nivel, este fue explicativa, así como menciona que este tipo de nivel se encarga de encontrar la razón de los sucesos a través de identificar las causas y efectos de estos. Por lo mencionado, en este tipo de investigaciones se busca determinar la causa (estudio post facto) y el efecto (estudio experimental), a través de la contrastación de hipótesis (Arias, 2016, p. 103).

##### **Diseño de investigación**

El estudio correspondió a un diseño experimental, ya que la investigación tuvo intervención en su variable independiente del investigador para que pueda medirse y evaluar sus repercusiones en la VD (Westreicher, 2021, p.114). Por otro lado, teniendo en cuenta el factor tiempo, este estudio fue transversal definida por Hernández y Mendoza (2018, p. 78) como aquel diseño transeccional que recaba la información en un solo periodo.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

**Variable independiente:** Neumáticos reciclados

**Definición conceptual:** Insumo que se obtiene de la llanta que son desechadas de automóviles, además estos desechos comúnmente no son dispuestos de manera eco amigable, puesto que se disponen en centrales térmicas, vertederos y vertederos abiertos a la intemperie, provocando daños considerables en este.

Este insumo es usado en distintas obras, y se usa para relleno de terraplén, material de cerramiento, suelo de parque, para modificar la mezcla asfáltica (Sánchez et al., 2013, p. 53).

**Definición operacional:** La variable neumáticos reciclado se va a medir primeramente mediante un análisis de las características físicas de las mismas, para luego realizar la prueba de dosificación en los tipos: 1%, 3% y 5%.

**Indicadores:** Los indicadores de la variables independiente son la granulometría, densidad de partículas, contenidos de humedad y los tipos de agregados (Tipo I: 1%, Tipo II: 3% y el Tipo III:5%).

**Escala de medición:** De razón

**Variable dependiente:** Mezcla asfáltica sostenible

**Definición conceptual:** Se trata de un combinado de agregado grueso, fino y una porción de asfalto que depende de la densidad que se requiere para poder establecer el vacío de aire, vacío en mineral agregado y finalmente la proporción de asfalto (Jiménez, 2021, p. 46).

**Definición operacional:** La variable de mezcla asfáltica sostenible se medirá mediante el diseño de mezclas de Marshall y por medio del análisis de la propiedad tanto física como mecánica.

**Indicadores:** Los indicadores de la respectiva variable vienen a ser los porcentajes de vacíos (%), de flujos (pulg/mm) y de estabilidad (KN).

**Escala de medición:** De razón

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

#### **3.3.1. Población**

Llamado también universo, que es el grupo de todos los componentes o integrantes que son de idéntica clase o tipo que además tienen características similares, es a estos a quienes se les evalúa para determinar sus particularidades y además de su contexto. Siendo así, el universo estuvo conformado por las briquetas con adición de neumáticos reciclados, por lo que primeramente se evaluó en que clase de mezcla se encontró el concreto asfáltico y a base de ello se podrá evaluar cada briqueta. En la evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla de asfalto esta investigación, estuvo clasificada como clase A, la población de interés comprende todos los ensayos y sus respectivas pruebas



físicas y mecánicas derivadas del Método Marshall. Las propiedades físico-mecánica evaluadas incluyen la estabilidad, el flujo y porcentajes de vacíos, considerando diversas mezclas con la incorporación de neumáticos reciclados en los tres diseños añadidos.

**Tabla 3.** Clase de mezcla de concreto asfáltico mediante el ensayo de Marshall.

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

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014, p. 271).

### 3.3.2. Muestra

Para López (2018, p. 12) se trata de un subgrupo que proviene del universo. Refiriéndonos al aspecto estadístico, debe de tener la característica de representar a la población en cuanto a sus características. Por tanto, en la presente investigación tuvo una muestra constituida por 26 briquetas, los cuales 15 probetas de ellas van a estar dirigidas para encontrar el contenido adecuado de asfalto (4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5%) en una mezcla convencional; 9 briquetas estuvieron enfocados en la determinación de la estabilidad y fluencia del agregado del neumático reciclado en mezclas asfálticas, las cuales para cada porcentaje (1%, 2.5% y 3.5%) se utilizó en 3 briquetas. Y finalmente, las 2 briquetas restantes se manejaron para el test de adherencia, donde una tuvo solo el contenido del asfalto y la otra el asfalto con el neumático reciclado en un porcentaje de 3.5. Por tanto, tenemos lo siguiente:

**Tabla 4.** *Número de briquetas para la muestra*

<b>Descripción</b>	<b>Briquetas</b>
Briquetas según contenido de asfalto (%)	15
Briquetas según el contenido de asfalto y neumático reciclado.	9
Briquetas para el ensayo de adherencia.	2
<b>Total</b>	<b>26</b>

Fuente: Realización propia.

### **3.3.3. Muestreo**

El estudio se manejó mediante un muestro no probabilístico, el cual viene a ser un muestreo por conveniencia, sin llegar a utilizar algún tipo de fórmula.

**Unidad de análisis:** fueron las briquetas que fueron evaluadas a través de análisis en laboratorios.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1. Técnicas**

Para Carrasco (2009, p. 52), manifiesta que todo método de recopilación de información permite la obtención y compilación de datos contenido en algún medio relacionado con cada problema y objetivo planteado en el estudio. Para el estudio, se estableció la observación, debido a que se realizaron diferentes ensayos, asimismo se utilizó el análisis documental y ensayos de laboratorio.

### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Según Ñaupas et al. (2019, p. 325) son recursos que utilizados para recabar datos y así medir o analizar las variables en estudio. Siendo así se en este estudio se utilizaron las fichas de observación, la ficha documental, las fichas de ensayos y control de laboratorio. Asimismo, para llevar a cabo las pruebas de laboratorios se utilizaron las herramientas de: horno eléctrico, juego de tamices, molde ensamblado, martillo de compactación, bandeja de metal, guantes, juego de mallas, balanza calibrada al 0.01 gr, equipo Marshal, bolsas de chequera de 5x10cm y pedestal de compactación.

### **3.4.3. Validez**

Lo mencionado por Contreras (2015, p. 94) la validez viene a ser la capacidad que el instrumento tiene para poder medir con precisión las variables investigadas. En

ese caso en el estudio la validez estuvo basada en la veracidad de los instrumentos aplicados a la muestra mediante la opinión y conformidad de tres juiciosos expertos, en que dichos instrumentos son los correctos para medir las variables dadas.

#### **3.4.4. Confiabilidad de los instrumentos**

Según lo manifestado por Corral (2019, p. 15) hace referencia al grado precisión y veracidad de los resultados que se obtendrán al momento de aplicar los instrumentos nuevamente en la misma condición que la primera. En este caso, la confiabilidad no se realizó, debido a que los datos serán precisos y analizados por medio de profesionales con alta experiencia en el tema.

#### **3.5. Procedimientos**

Primeramente, se inició con la obtención de agregados, donde para la carpeta asfáltica se utilizó piedra chancada de huso-89, la cual se adquirió de una cantera de Tacllan – Huaraz, asimismo se compró agregado fino y se buscaron los neumáticos reciclados para así triturarlos en una molienda. Ya habiendo obtenido todos los materiales, se realizó la selección del diseño de la mezcla asfáltica, esto con el fin de que cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad y sostenibilidad; luego de ello se realizó las pruebas de laboratorio para caracterizar los materiales, incluyendo los agregados, el asfalto y los neumáticos reciclados. Estas pruebas fueron la granulometría, densidad, propiedades físicas y mecánicas. Con respecto a la prueba granulométrica por tamizado, se realizó mediante la norma NTP 400-012. Después de ello, se realizó la compactación utilizando el ensayo Marshall para obtener muestras representativas, esto según las normas ASTM D 6927, ASTM D 6927 y ASTM D 3203; asimismo se realizó las combinaciones de los agregados esto mediante la técnica del cuadrado para así obtener los porcentajes de agregado según la dosificación de la mezcla. Luego de lo mencionado, se elaboraron los testigos del concreto asfáltico en este caso las briquetas, esto según las distribuciones ya antes mencionadas en la muestra, asimismo se fabricaron moldes Marshall, los cuales brindaran los valores de estabilidad, de los porcentajes de vacíos y el flujo. Ya habiendo obtenido las muestras con los distintos porcentajes, se evaluaron las briquetas por cada diseño, luego de eso se realizó la determinación de la estabilidad y el flujo de

dichas briquetas mediante un horno de 60°C por medio de un tiempo de 45 minutos, esto según el MTC E-410. Y finalmente se realizó el ensayo de adherencia.

### **Método de análisis de datos**

En el marco de este estudio se llevaron a cabo ensayos de laboratorio para establecer las cantidades adecuadas de material requeridas, siguiendo las directrices para un parche superficial y para el análisis de la adherencia inicial, utilizando placas que facilitaron la recolección de todos los datos pertinentes. Las pruebas efectuadas incluyeron la evaluación de estabilidad y fluidez de la mezcla asfáltica mediante el uso del equipo Marshall, el cual permite determinar el porcentaje de huecos de acuerdo con la normativa ASTM 3203 y las especificaciones técnicas MTC E 514 o MTC E 506. En otro aspecto, para los análisis pertinentes se usó el software Excel para hacer más fácil el procedimiento de comprobar y probar cada una de las hipótesis, los análisis inferenciales fueron desarrollados utilizando métodos estadísticos que serán presentado en tablas y figuras.

### **3.6. Aspectos éticos**

El desarrollo de esta investigación estará enmarcado en los principios éticos de la Declaración de Helsinki, los cuales se desarrollan a continuación:

**Principio de confidencialidad:** La información que se recopile será empleada objetivamente y solo con la finalidad de la investigación.

**Principios de confiabilidad:** Los datos que se adquieran no serán alterados, por lo que se expondrán como se obtuvieron originalmente.

**Veracidad de la información y datos:** solo se registrarán resultados verídicos, que sean hallados durante el proceso de la investigación, es decir la información será presentada tal cual como se obtuvieron. Asimismo, serán restados cada uno de los lineamientos que se haya propuesto por la UCV; Además pasará por la prueba de Turnitin lo que asegurará la originalidad de la investigación.

#### IV. RESULTADOS

**Objetivo general:** Determinar de qué manera el uso de los neumáticos reciclados influyen en la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz-Ancash, 2023.

##### Descripción de la zona de estudio.

La ciudad de Huaraz, situada en el Callejón de Huaylas en el norte de Perú, es la capital de la región de Ancash. Ubicada a una altitud de más de 3,000 metros sobre el nivel del mar, la ciudad ofrece vistas impresionantes de las cimas nevadas de la Cordillera Blanca, que se elevan dramáticamente en el horizonte hacia el este.

##### Ubicación:



Figura 5. Mapa del Perú

Fuente: Google Search



Figura 6. Mapa de Ancash

Fuente: Google Search

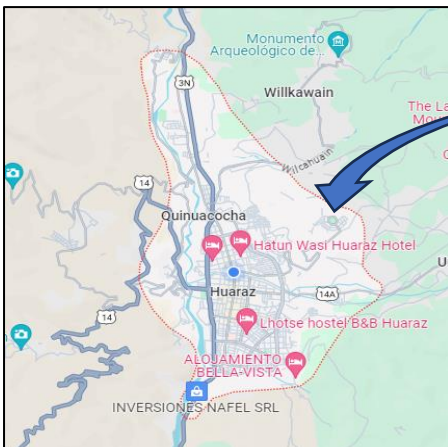


Figura 7. Mapa de la ciudad de Huaraz

Fuente: Google Search



Figura 8. Mapa de la Provincia de Huaraz

Fuente: Google Search

## Diseño de mezclas

Como resultados descriptivos se realizó el análisis del contenido de humedad, granulométrico y peso:

**Tabla 4.** Prueba de contenido de humedad del agregado fino

Recipientes N°	N° 7	N° 13
I.- P. recipiente + Agr. húmedo	1222.9	1175.30
II.- P. recipiente + Agr. seco	1194.2	1159.00
III.- P. del recipiente (gr)	169.30	173.70
IV.- P. del agua (1) - (2)	28.70	6.30
V.- P. Suelo Seco (2) - (3)	1024.9	984.20
VI.- Humedad (4/5) x 100%	2.80	0.64
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	<b>1.72</b>	

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

**Tabla 5.** Prueba de contenido de humedad del agr. grueso

Recipiente N°	N° 10	N° 18
1. P. recipiente + Agregado húmedo	1223.0	894.10
2. P. recipiente + Agregado seco	1216.4	863.00
3. P. del recipiente en gr.	169.4	166.50
4. P. del agua (1) - (2)	6.60	33.10
5. P. suelo seco (2) - (3)	671.40	696.50
6. Humedad (4/5) x 100%	2.13	4.80
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	<b>0.63</b>	

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

## Análisis granulométrico del agregado fino

**Tabla 6.** Ensayo granulométrico de arena

	<b>Peso seco inicial:</b>	1718.8 gr			
	<b>Peso seco lavado:</b>	1644.80 gr			
	<b>Peso perdido por lavado:</b>	74.00 gr			
<b>AGREGADO FINO</b>					
<b>TAMIZ</b>		<b>PESO RETENIDO (gr)</b>	<b>% RETENIDO PARCIAL</b>	<b>% RETENIDO ACUMULADO</b>	<b>% QUE PASA</b>
<b>N°</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>				
3"	75.0000	0	0	0	
2 1/2"	62.5000	0	0	0	
2"	50.0000	0	0	0	

1 1/2"	38.1000	0	0	0	
1"	25.0000	0	0	0	
3/4"	19.0000	0	0	0	
1/2"	12.5000	0	0	0	
3/8"	9.5000	0	0	0	
N° 4	4.7500	80.60	4.69	4.69	95.31
N°8	2.3600	266.00	15.48	20.17	79.83
N° 16	1.180	385.60	22.43	42.60	57.40
N° 30	0.600	445.6	25.93	68.52	31.48
N° 50	0.300	308.00	17.92	86.44	13.56
N° 100	0.150	125.00	7.27	93.72	6.28
N° 200	0.075	34.00	1.98	95.69	4.31
PLATO		74.00	4.31	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1718.80 gr</b>	<b>100</b>		
			<b>Módulo de finesa.</b>		<b>3.2</b>

Nota: Lab. de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

A partir del estudio realizado a la granulometría realizado en el agregado fino, se determinó que el módulo de finura es de 3.2, con un tamaño máximo nominal de N° 4. Mediante el procedimiento de lavado, se registró una variación de 74.00 gramos respecto al peso seco inicial. Dicho agregado se halla dentro de los márgenes permitidos y presenta un contenido de humedad del 2.80%.

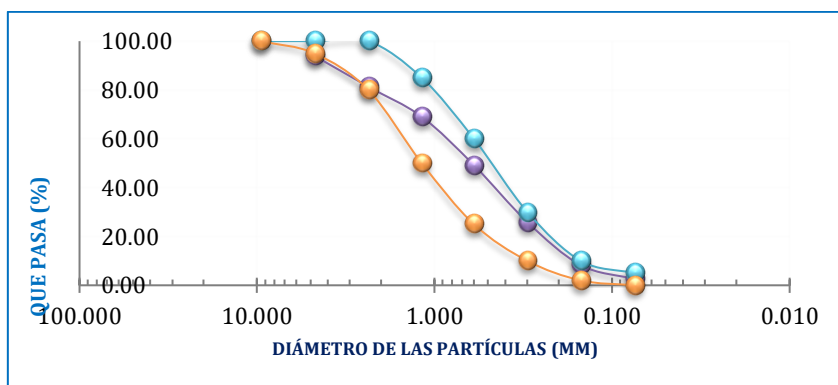


Figura 9. Gráfico de graduación granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaboración propia

### **Análisis granulométrico de agregado grueso:**

**Tabla 7. Ensayo granulométrico de grava**

	<b>PESO SECO INICIAL:</b>	5611.6 gr			
	<b>PESO SECO LAVADO:</b>	5611.60gr			
	<b>PESO PERDIDO POR LAVADO:</b>	0.00 gr			
<b>AGREGADO GRUESO</b>					
<b>TAMIZ</b>		<b>PESO RETENIDO (gr)</b>	<b>% RETENIDO PARCIAL</b>	<b>% RETENIDO ACUMULADO</b>	<b>% QUE PASA</b>
<b>N°</b>	<b>ABERTURA (mm)</b>				
2"	50.0000	0	0	0	100
1"	25.0000	1175.30	20.94	20.94	79.06
3/4"	19.0000	806.40	14.37	35.31	64.69
1/2"	12.5000	1145.60	20.41	55.73	44.27
3/8"	9.5000	647.70	11.54	67.27	32.73
N° 4	4.7500	1663.40	29.64	96.91	3.09
N° 8	2,3600	173.20	3.90	100.000	0.000
PLATO		0	0	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>5611.60 gr</b>	<b>100</b>		
			<b>Módulo de finura</b>		<b>7.19</b>

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

Al analizar la granulometría del agregado grueso se pudo obtener un módulo de finura equivalente a 7.19, con un tamaño de partículas máximo nominal de 3/4", el agregado se ubica dentro del límite permisible.

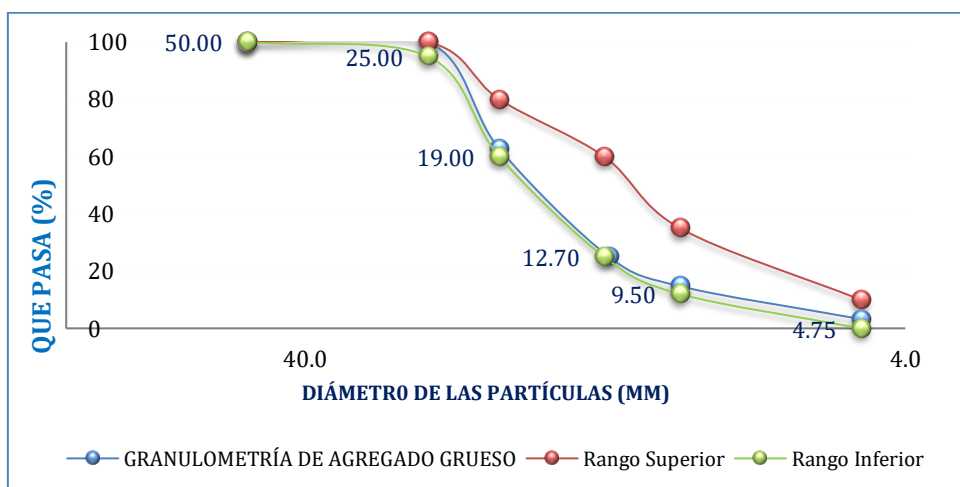


Figura 10. Curva granulométrica del agr. Grueso.

Fuente: Elaboración propia

### **Peso específico y absorción de los agregados**



**Tabla 8.** Ensayo del peso específico y absorción de agregado grueso

<b>AGREGADO GRUESO</b>			
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>N° 17</b>	<b>N° 24</b>	<b>N° 36</b>
A= P. Mat. Saturado Superficialmente seco (en aire) (gr)	1006.800	941.50	1049.80
B= P. Mat. Saturado Superficialmente seco (en agua) (gr)	624.500	584.00	649.50
C= Vol. de Masas / Volumen de vacíos = A - B	382.300	357.50	400.30
D= P. Mat. Seco en Estufa (105° C)	1003.500	936.50	1047.00
E= Vol. de Masa = C - (A - D)	379.000	352.50	397.50
Pe Bulk (Base Seca) = D / C	2.620	2.620	2.620
Pe Bulk (Base Saturada) = A / C	2.630	2.630	2.620
Pe Aparente (Base Seca) = D / E	2.650	2.660	2.630
Porcentaje de Absorción = ((A - D) / D) x 100	0.330	0.530	0.270
<b>% Pe Bulk (Base Saturada)</b>	<b>2.63</b>		
<b>Porcentaje de Absorción</b>	<b>0.38</b>		

Nota: Lab. de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

En la prueba de peso específico y absorción del agregado grueso, se determinó que el porcentaje de peso específico (en condición de saturado superficie seca) fue del 2.63% y el % de absorción fue del 0.38%.

**Tabla 9.** Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso

<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>N° 27</b>
A = P. Mat. Saturado Superficialmente seca (en Aire) (gr)	300.00
B = P. Frasco	665.80
C = P. Frasco + H <sub>2</sub> O = A + B	965.80
D = P. del Mat. + H <sub>2</sub> O en el Frasco	858.50
E = Vol. de Masa + Volumen de Vacío = C - D	107.30
F = Peso del Material Seco en Estufa (105° C)	292.30
G. Volumen de Masa = E - (A - F)	99.60
Pe Bulk (Base Seca) = F / E	2.724
Pe Bulk (Base Saturada) = A / E	2.796
Pe Aparente (Base Seca) = F / G	2.935
% de Absorción = ((A - F) / F) x 100	2.634
<b>% Pe Bulk (Base Saturada)</b>	<b>2.80</b>
<b>% de Absorción</b>	<b>2.63</b>

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

La prueba de peso específico y absorción para el agregado fino arrojó un peso específico del 2.68% y un porcentaje de absorción de 2.38%.

### **Peso unitario**

**Tabla 10.** *Ensayo de peso unitario suelto y compactado de agr. grueso*

<b>AGREGADO GRUESO</b>						
<b>TIPO DE PESO UNITARIO</b>	<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>			<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>		
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
P. Material + Molde (Kg)	18440	19.195	19.105	20.017	20.025	20.012
Peso del Molde (Kg)	5310	5.310	5.310	5.310	5.310	5.310
Peso del Material (Kg)	13130	13.885	13.795	14.707	14.715	14.702
Vol. del Molde (m <sup>3</sup> )	9.341	9.341	9.341	9.341	9.341	9.341
P. Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1	1.486	1.477	1.574	1.575	1.574
P. Unitario Promedio	<b>1.48</b>			<b>1.57</b>		

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

El peso unitario del agregado suelto se determinó en 1480 kg/m<sup>3</sup> y el del agregado compactado fue de 1574.6 kg/m<sup>3</sup> para el agregado grueso.

**Tabla 11.** *Ensayo del peso suelto y compactado de agregado fino*

<b>AGREGADO FINO</b>						
<b>TIPO DE PESO UNITARIO</b>	<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>			<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>		
<b>Muestra N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
P. mat. + Molde (Kg)	7.590	7.605	7.615	8.060	8.041	8.055
P. del molde (Kg)	3.426	3.426	3.426	3.426	3.426	3.426
P. del material (Kg)	4.164	4.179	4.189	4.634	4.615	4.629
Vol. del molde (m <sup>3</sup> )	2.776	2.776	2.776	2.776	2.776	2.776
P. unitario (kg/m <sup>3</sup> )	1.500	1.505	1.509	1.669	1.662	1.668
P. unitario promedio	<b>1.50</b>			<b>1.67</b>		

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

El resultado fue un peso unitario en estado suelto de 1505 kg/m<sup>3</sup> y en estado compactado de 1483.5 kg/m<sup>3</sup> para el agregado grueso.

Descripción del molde cilíndrico: 4" x 8" (102 x 203mm) x 4 mm esp.

Se procede con los diseños:

#### **Contenido de asfalto (4.5%) – Diseño 1**

Se conformaron 3 probetas de mezcla asfáltica en caliente que pertenecerán al primer diseño; con una dosificación de 4.5% de cemento.

**Tabla 12. Diseño de asfalto con 4.5%**

Diseño	% de mezcla	% de diseño
Grava	37	35.3
Agregado grueso 3/4	21	20.15
Agregado fino	42	40.05
Cemento asfáltico		4.5

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

**Tabla 13. Características de la mezcla asfáltica con 4.5% de cemento asfáltico.**

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	
% de cemento asfáltico	4.5	4.5	4.5	4.500
P. esp. aparente del cemento asfáltico gr/cm <sup>3</sup>	1.019	1.019	1.019	1.019
P. esp. aparente de la grava gr/cm <sup>3</sup>	2.62	2.57	2.59	2.59
P. esp. aparente del agregado gr/cm <sup>3</sup>	2.532	2.52	2.54	2.53
P. unitario de la probeta gr/cm <sup>3</sup>	2.146	2.154	2.132	2.144
% de vacíos con aire	7.49	7.59	7.72	7.6
% de vacíos del agregado mineral 100-25	48.12	48.16	48.2	48.16
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	84.16	84.13	84.01	84.1
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	468	488	452	469.3
Lectura del flexímetro (pulg)	10	10	11	10.3
Relación estabilidad/ fluencia	1855	1924	1622	1800.3
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm <sup>3</sup>				2.390

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

### Contenido de asfalto (5%) – Diseño 2

Se elaboraron 3 probetas de mezcla asfáltica en caliente que pertenecerán al primer diseño; con una dosificación de 5% de cemento.

**Tabla 14. Diseño de asfalto con 5%**

Diseño	% de mezcla	% de diseño
Grava	37	35.15
Agregado grueso 3/4	21	19.85
Agregado fino	42	40.0
Cemento asfáltico		5.00

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

**Tabla 15. Características de la mezcla asfáltica con 5% de cemento asfáltico.**

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	

% de cemento asfáltico	5	5	5	5
P. esp. aparente del cemento asfáltico gr/cm <sup>3</sup>	1.019	1.019	1.019	1.019
P. esp. aparente de la grava gr/cm <sup>3</sup>	2.62	2.57	2.59	2.59
P. esp. aparente del agregado gr/cm <sup>3</sup>	2.532	2.52	2.54	2.53
Peso unitario de la probeta gr/cm <sup>3</sup>	2.268	2.252	2.158	2.226
% de vacíos con aire	6.18	6.352	6.24	6.26
% de vacíos del agregado mineral 100-25	46.28	46.44	46.32	46.35
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	85.34	85.02	85.18	85.18
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	1012	916	902	943.3
Lectura del flexímetro (pulg)	13	13	12	12.67
Relación estabilidad/ fluencia	3071	2644	2961	2892
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm <sup>3</sup>				2.398

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

### Contenido de asfalto (5.5%) – Diseño 3

Se elaboraron 3 probetas de mezcla asfáltica en caliente que pertenecerán al primer diseño; con una dosificación de 5.5% de cemento.

**Tabla 16.** *Diseño de asfalto con 5.5%*

Diseño	% de mezcla	% de diseño
Grava	37	35.10
Agregado grueso 3/4	21	19.65
Agregado fino	42	39.75
Cemento asfáltico		5.50

**Tabla 17.** *Características de la mezcla asfáltica con 5.5% de cemento asfáltico*

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	
% de cemento asfáltico	5.5	5.5	5.5	5.5
P. esp. aparente del cemento asfáltico gr/cm <sup>3</sup>	1.019	1.019	1.019	1.019
P. esp. aparente de la grava gr/cm <sup>3</sup>	2.62	2.57	2.59	2.59
P. esp. aparente del agregado gr/cm <sup>3</sup>	2.532	2.52	2.54	2.53
P. unitario de la probeta gr/cm <sup>3</sup>	2.254	2.259	2.261	2.258
% de vacíos con aire	4.7	4.711	4.635	4.68
% de vacíos del agregado mineral 100-25	46.88	46.83	46.81	46.84
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	89.66	89.88	90.05	89.86
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	1143	1102	1096	1113.67
Lectura del flexímetro (pulg)	14	14	13	13.67
Relación estabilidad/ fluencia	3248	3111	3239	3199.33
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm <sup>3</sup>				2.412

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

#### Contenido de asfalto (6%) – Diseño 4

Se elaboraron 3 probetas de mezcla de asfalto en caliente que pertenecerán al primer diseño; con una dosificación de 6% de cemento.

**Tabla 18.** *Diseño de asfalto con 6%*

Diseño	% de mezcla	% de diseño
Grava	37	34.85
Agregado grueso 3/4	21	19.5
Agregado fino	42	39.65
Cemento asfáltico		6.00

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

**Tabla 19.** *Características de la mezcla asfáltica con 6% de cemento asfáltico*

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	
% de cemento asfáltico	6.0	6.0	6.0	6.0
P. Esp. aparente del cemento asfáltico gr/cm <sup>3</sup>	1.019	1.019	1.019	1.019
P. Esp. aparente de la grava gr/cm <sup>3</sup>	2.62	2.57	2.59	2.59
P. Esp. aparente del agregado gr/cm <sup>3</sup>	2.532	2.52	2.54	2.53
Peso unitario de la probeta gr/cm <sup>3</sup>	2.332	2.337	2.336	2.335
% de vacíos con aire	3.85	3.792	3.82	3.82
% de vacíos del agregado mineral 100-25	46.92	46.86	46.89	46.89
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	91.78	91.87	91.81	91.82
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	1248	1230	1218	1232
Lectura del flexímetro (pulg)	15	14	14	14.3
Relación estabilidad/ fluencia	3335	3481	3418	3411.33
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm <sup>3</sup>				2.405

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

#### Contenido de asfalto (6.5%) – Diseño 5

Se elaboraron 3 probetas de mezcla asfáltica en caliente que pertenecerán al primer diseño; con una dosificación de 6.5% de cemento.

**Tabla 20.** *Diseño de asfalto con 6.5%*

Diseño	% de mezcla	% de diseño
Grava	37	34.70
Agregado grueso 3/4	21	19.35
Agregado fino	42	39.45

Cemento asfáltico		6.50
-------------------	--	------

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

**Tabla 21.** Características de la mezcla asfáltica con 6.5% de cemento asfáltico

Descripción	Número de probeta			Promedio
	1	2	3	
% de cemento asfáltico	6.5	6.5	6.5	6.5
P. esp. aparente del cemento asfáltico (gr/cm <sup>3</sup> )	1.019	1.019	1.019	1.019
P. esp. aparente de la grava (gr/cm <sup>3</sup> )	2.62	2.57	2.59	2.59
P. esp. aparente del agregado (gr/cm <sup>3</sup> )	2.532	2.52	2.54	2.53
P. unitario de la probeta (gr/cm <sup>3</sup> )	2.301	2.304	2.301	2.302
% de vacíos con aire	5.62	5.491	5.539	5.55
% de vacíos del agr. mineral 100-25	47.86	47.80	47.86	47.84
Relación de betún vacíos 26/27*100 (%)	87.45	87.68	87.49	87.54
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	865	902	927	898
Lectura del flexímetro (pulg)	15	15	16	15.3
Relación estabilidad/ fluencia	2351	2385	2288	2341.33
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm <sup>3</sup>				2.419

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

**Tabla 22.** Dosificación de la mezcla asfáltica según % de cemento asfáltico

Datos del diseño	Porcentaje de cemento asfáltico en la mezcla asfáltica				
	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Grava	35.3	35.15	35.10	34.85	34.70
Agregado grueso 3/4	20.15	19.85	19.65	19.5	19.35
Agregado fino	40.05	40.0	39.75	39.65	39.45
Cemento asfáltico	4.5	5.00	5.50	6.00	6.50

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

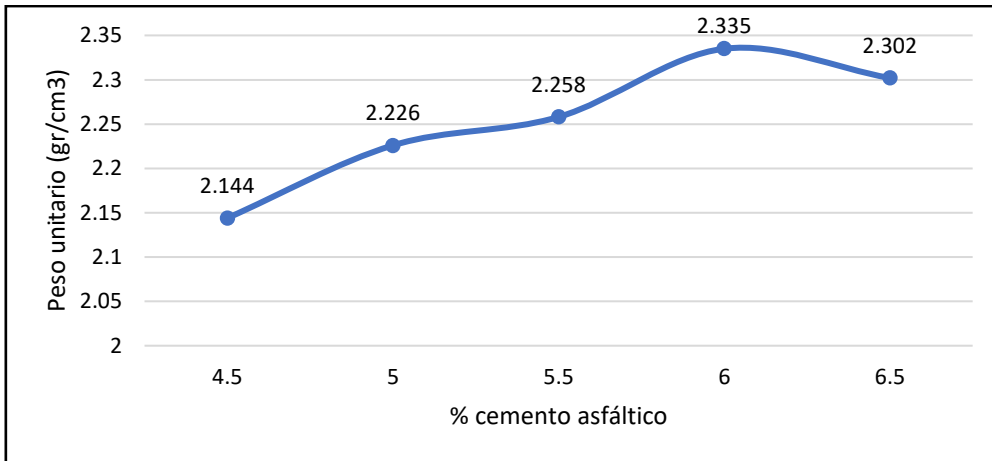


Figura 11. Peso unitario con las diferentes dosificaciones de cemento asfáltico

Fuente: Elaboración propia

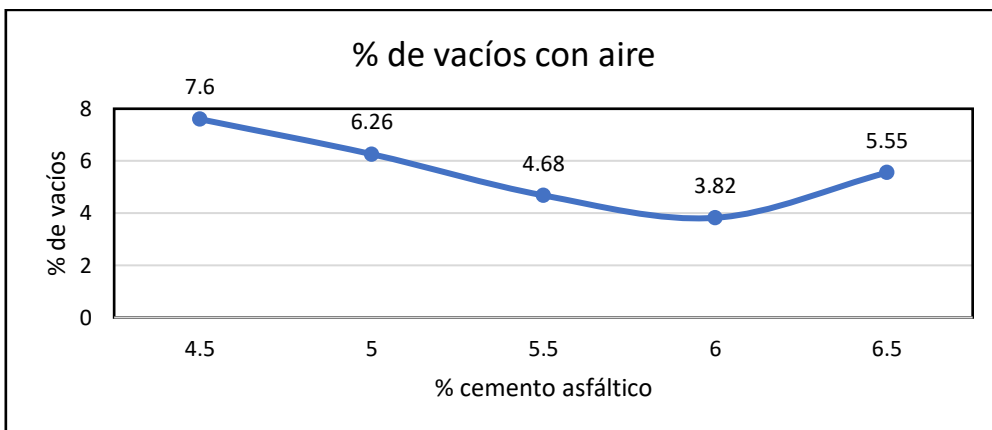


Figura 12. % de vacíos con aire

Fuente: Elaboración propia

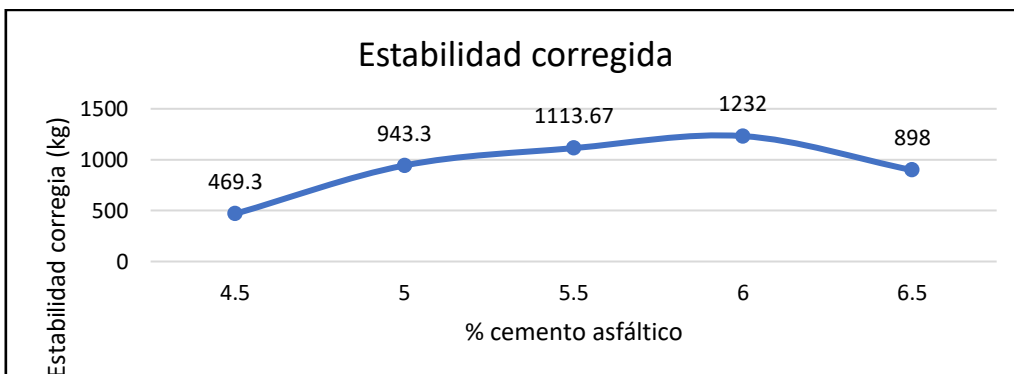


Figura 13. Estabilidad corregida

Fuente: Elaboración propia

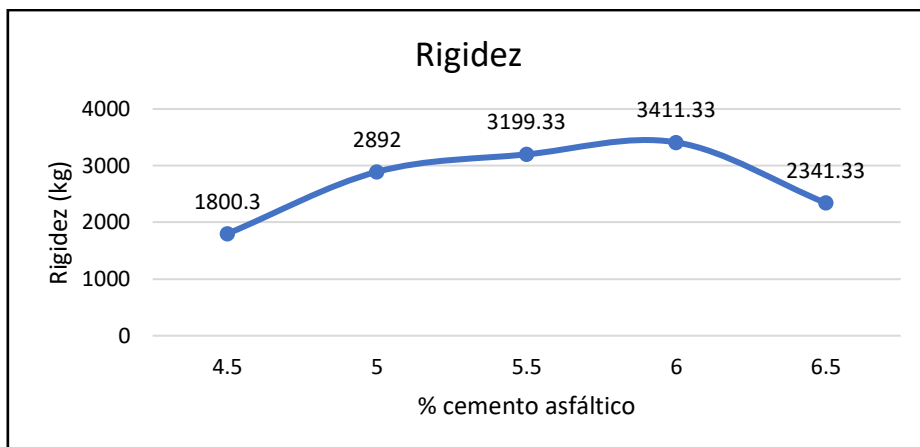


Figura 14. Rigidez

Fuente: Elaboración propia

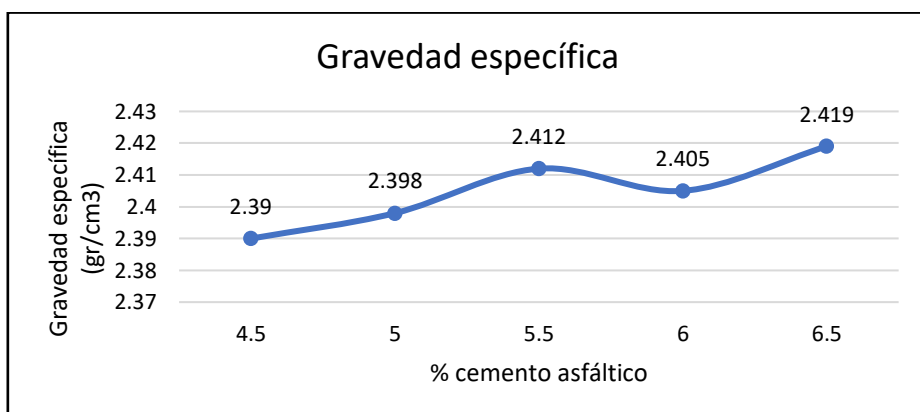


Figura 15. Gravedad específica

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23. Dosificación óptima**

Descripción	Resultado
Óptimo contenido de asfalto (C.A.)	6.00
Peso unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.335
Vacíos (%)	3.82
Vacíos del agregado mineral (%)	46.89
Flujo (mm)	91.82
Estabilidad (kg)	1232
Relación polvo asfalto	1.26

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz



**Interpretación:** la dosificación óptima para el porcentaje de cemento asfáltico en la mezcla asfáltica fue de 6.00% debido a que presentó mejores resultados en las características, anteriormente analizadas.

**Tabla 24.** *Diseño de mezcla asfáltica óptima con 6% de cemento asfáltico*

Datos del diseño	% mezcla	% diseño
Grava	37	34.85
Agregado grueso $\frac{3}{4}$	21	19.5
Agregado fino	42	39.65
Cemento asfáltico		6.00

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

**Propiedades de la mezcla asfáltica elaborada reemplazando el peso seco del agregado fino por caucho triturado reciclado**

**Tabla 25.** *Diseño de mezcla asfáltica con 1% de caucho*

Datos del diseño	% de mezcla	% del diseño
Grava chancada <3/4	37.8	37.8
Arena	56.1	55.1
Cemento asfáltico	6.1	6.1
Caucho		1.00

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

**Tabla 26.** *Propiedades del diseño con 1%*

Descripción	Probeta			Promedio
	1	2	3	
% de cemento asfáltico	6	6	6	6
Peso específico aparente de la grava gr/cm <sup>3</sup>	2.623	2.53	2.569	2.574
Peso específico aparente de la arena gr/cm <sup>3</sup>	2.651	2.619	2.628	2.632667
Peso unitario de la probeta gr/cm <sup>3</sup>	2.254	2.259	2.263	2.258667
% de vacíos con aire	6.1	5.715	5.81	5.88
% de vacíos del agregado mineral 100-25	15.38	15.11	15.31	15.26667
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	59.25	61.23	60.66	60.38
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	1189	1175	1182	1182
Lectura del flexímetro (pulg)	13	12	13	12.66667
Relación estabilidad/ fluencia	3543	3769	3499	3603.667
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm <sup>3</sup>				2.408

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

**Tabla 27. Diseño de mezcla asfáltica con 2.5% de caucho**

Datos del diseño	% de mezcla	% del diseño
Grava chancada <3/4	37.8	37.8
Arena	56.1	53.6
Cemento asfáltico	6.1	6.1
Caucho		2.50

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

**Tabla 28. Propiedades del diseño con 2.5%**

Descripción	Probeta			Promedio
	1	2	3	
% de cemento asfáltico	6	6	6	6
Peso específico aparente de la grava gr/cm <sup>3</sup>	2.623	2.53	2.569	2.574
Peso específico aparente de la arena gr/cm <sup>3</sup>	2.651	2.619	2.628	2.632667
Peso unitario de la probeta gr/cm <sup>3</sup>	2.198	2.206	2.206	2.20333333
% de vacíos con aire	7.899	7.798	7.768	7.822
% de vacíos del agregado mineral 100-25	16.85	16.65	16.62	16.7066667
Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	54.89	55.18	55.23	55.1
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	723	684	708	705
Lectura del flexímetro (pulg)	15	14	14	14.33333333
Relación estabilidad/ fluencia	1856	1925	1974	1918.333333
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm <sup>3</sup>				2.315

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

**Tabla 29. Diseño de mezcla asfáltica con 3.5% de caucho**

Datos del diseño	% de mezcla	% del diseño
Grava chancada <3/4	37.8	37.8
Arena	56.1	52.6
Cemento asfáltico	6.1	6.1
Caucho		3.50

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

**Tabla 30. Propiedades del diseño con 3.5%**

Descripción	Probeta			Promedio
	1	2	3	
% de cemento asfáltico	6	6	6	6
Peso específico aparente de la grava gr/cm <sup>3</sup>	2.623	2.53	2.569	2.574
Peso específico aparente de la arena gr/cm <sup>3</sup>	2.651	2.619	2.628	2.632667
Peso unitario de la probeta gr/cm <sup>3</sup>	2.188	2.194	2.194	2.192
% de vacíos con aire	7.6	7.581	7.572	7.58
% de vacíos del agregado mineral 100-25	16.89	16.54	16.52	16.65

Relación betún vacíos 26/27*100 (%)	54.55	55.47	55.5	55.1733333
Estabilidad corregida 31*32 (kg)	722	685	694	700.333333
Lectura del flexímetro (pulg)	15	14	14	14.3333333
Relación estabilidad/ fluencia	1845	1900	1947	1897.33333
Gravedad específica máxima de la muestra gr/cm <sup>3</sup>				2.215

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

**Tabla 31.** Dosificación de la mezcla asfáltica según porcentaje de caucho reciclado triturado

Datos del diseño	Porcentaje de caucho reciclado triturado en la mezcla asfáltica		
	1%	2.5%	3.5%
Grava chancada <3/4	37.8	37.8	37.8
Arena	55.1	53.6	52.6
Cemento asfáltico	6.1	6.1	6.1
Caucho	1.00	2.5	3.5

Nota: Laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos – Huaraz

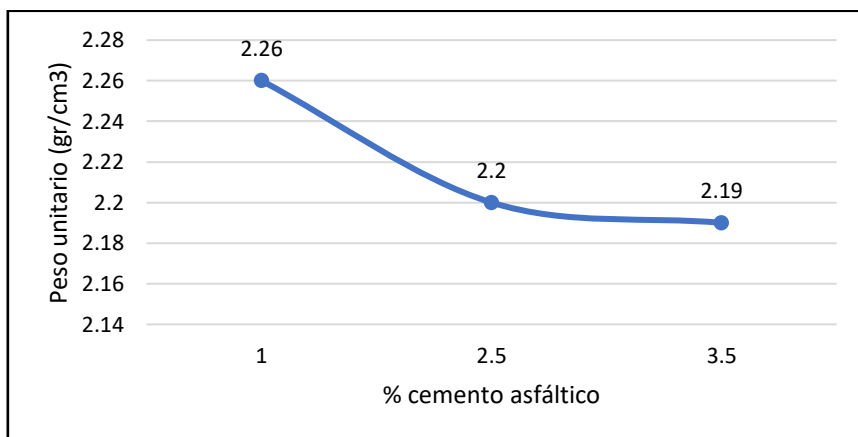


Figura 16. Peso unitario con las diferentes dosificaciones de caucho

Fuente: Elaboración propia

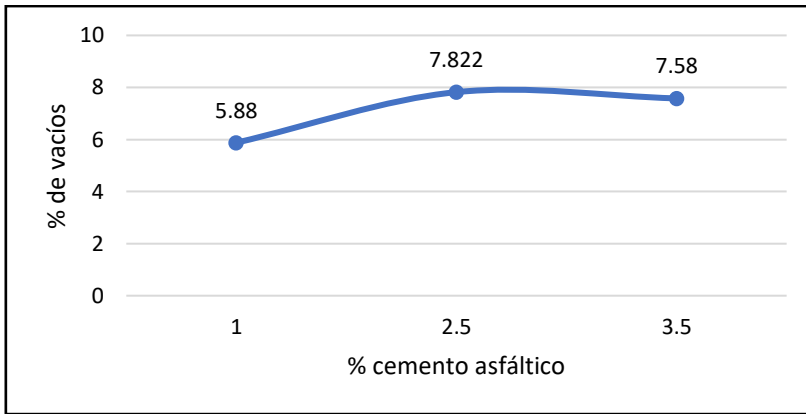


Figura 17. % de vacío con aire

Fuente: Elaboración propia

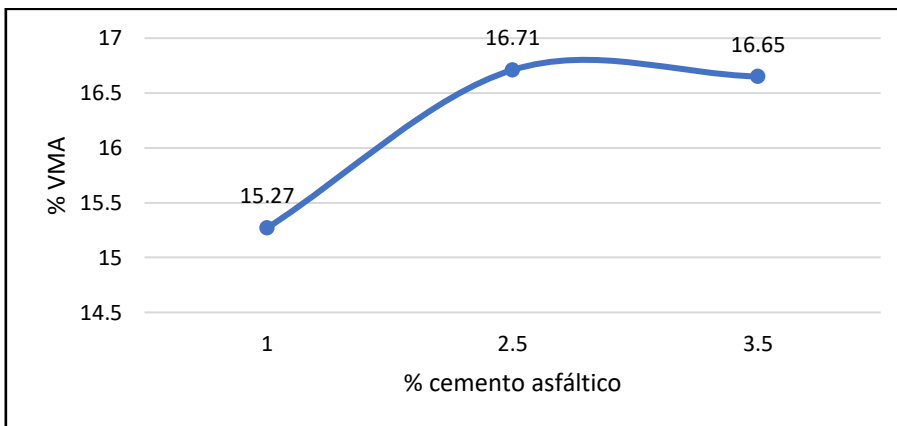


Figura 18. % de vacíos del agregado mineral

Fuente: Elaboración propia

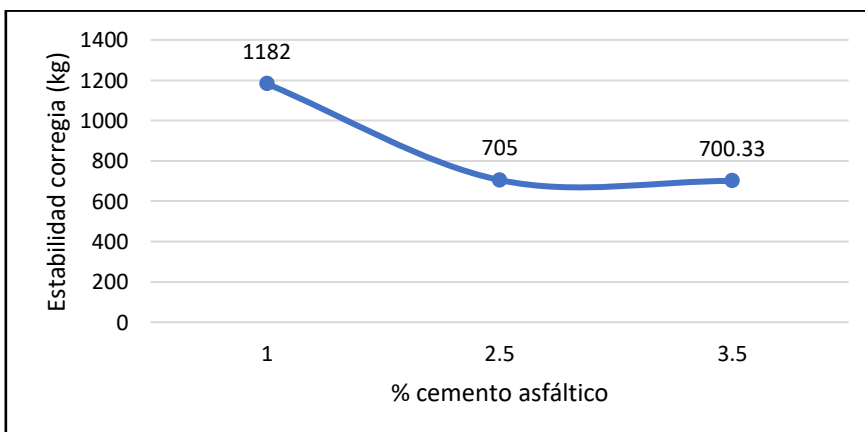


Figura 19. Estabilidad corregida

Fuente: Elaboración propia

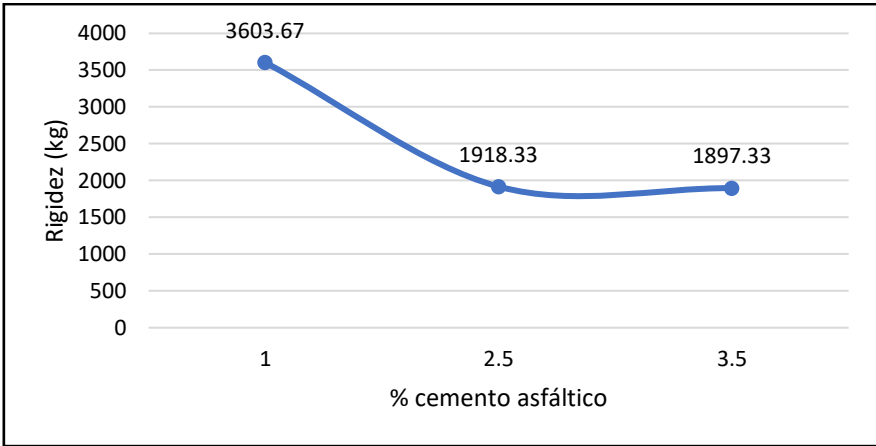


Figura 20. Rigidez

Fuente: Elaboración propia

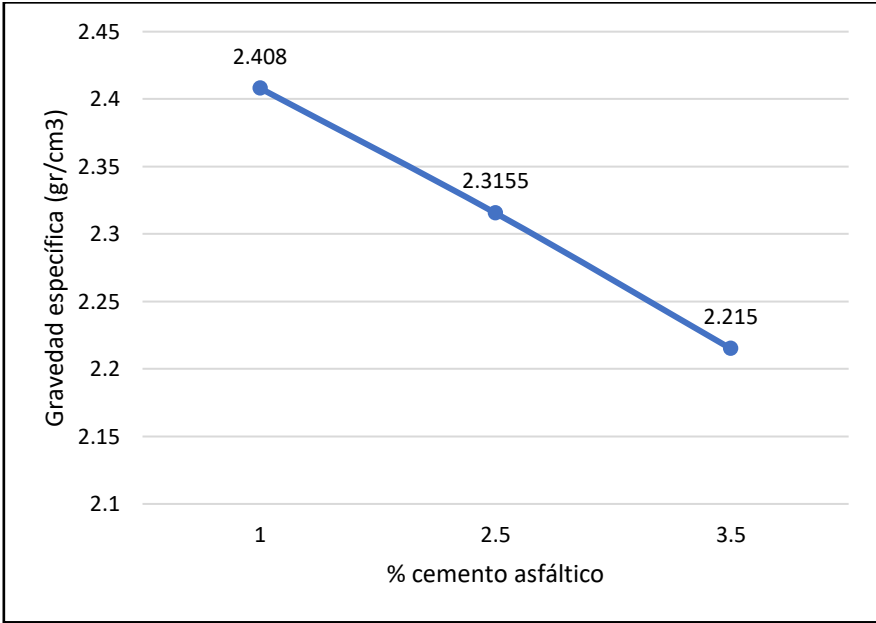


Figura 21. Gravedad específica

Fuente: Elaboración propia

**Objetivo específico 1: Indicar la incorporación de neumáticos reciclados en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.**

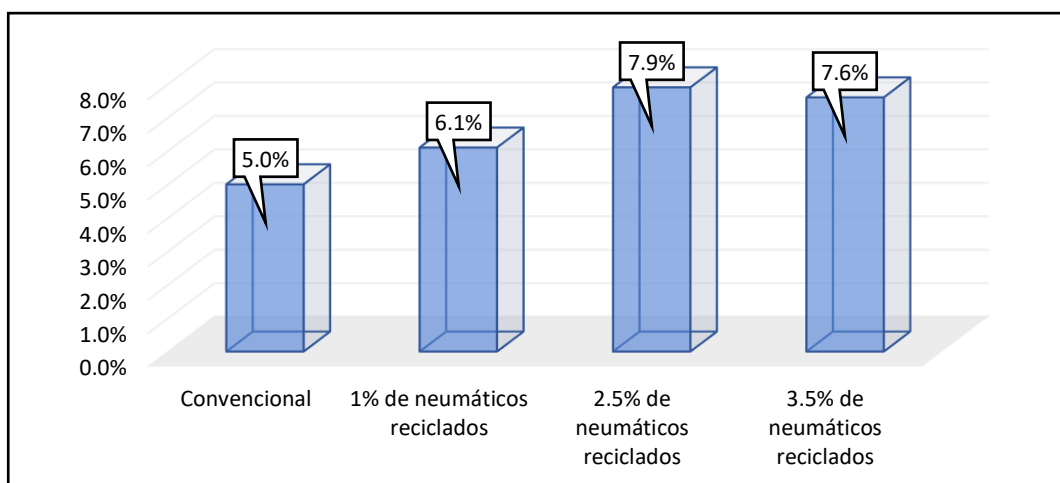
La incorporación de neumáticos reciclados en la mezcla asfáltica sostenible puede tener un impacto en el porcentaje de vacíos de la mezcla. La adición de materiales reciclados, como neumáticos triturados, puede influir en las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica y, por lo tanto, en el porcentaje de vacíos. A continuación, se mostrará cómo varía los porcentajes de vacíos con la adición de neumáticos reciclados en la mezcla asfáltica sostenible:

- % de vacío convencional 5%
- % de vacío agregando el 1% con caucho resultó un 6.1%,
- % de vacío agregando el 2.5% con caucho resultó un 7.9%
- % de vacío agregando el 3.5% con caucho resultó un 7.6%.

**Tabla 32.** *Porcentajes de vacíos con la adición de neumáticos reciclados*

<b>Mezcla asfáltica sostenible</b>	<b>Convencional</b>	<b>1% de neumáticos reciclados</b>	<b>2.5% de neumáticos reciclados</b>	<b>3.5% de neumáticos reciclados</b>
vacíos	5%	6.1	7.9	7.6

Fuente: Elaboración propia



**Figura 22.** *Porcentajes de vacíos con la adición de neumáticos reciclados*

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la tabla 33 y figura 22, según los datos obtenidos en laboratorio, se puede visualizar como varía los porcentajes de vacíos con cada adición de neumáticos reciclados, como es el caso con la adición del 1% de neumáticos reciclados la variación porcentual de vacíos llegó a ser 6.1%, con la adición del 2.5% de neumáticos reciclados el incremento fue de 7.9%, mientras que con la adición del 3.5% el incremento no llegó a ser superior al porcentaje anterior, teniendo un porcentaje de vacíos del 7.6%. Por lo que se puede concretar que agregando neumáticos reciclados siempre generará un incremento en el porcentaje de vacíos y por ende las mezclas asfálticas llegarán a ser más sostenible.

**Objetivo específico 2: Explicar la incorporación de caucho reciclado en el flujo de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.**

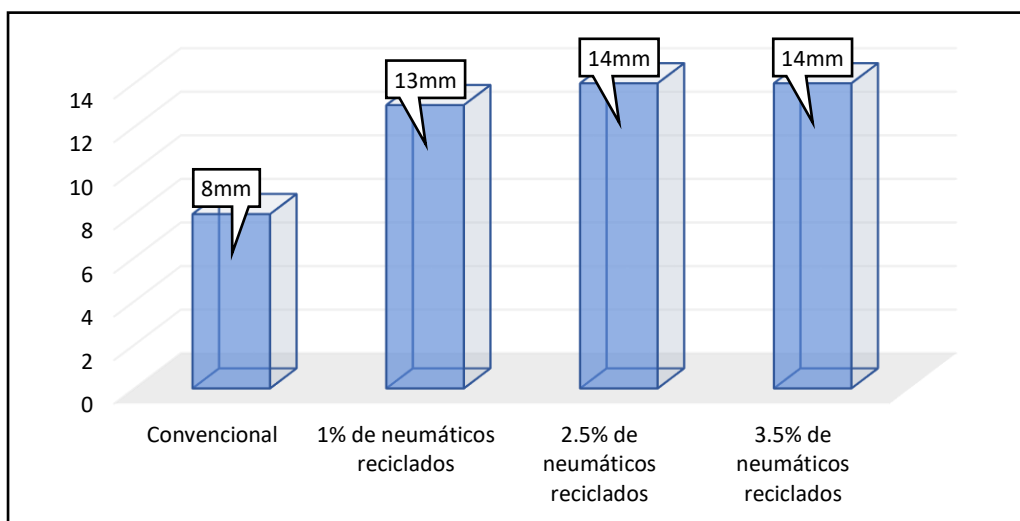
La incorporación de neumáticos reciclados puede modificar las propiedades reológicas de la mezcla asfáltica. Los neumáticos triturados actúan como un material diferente a los agregados convencionales, lo que puede influir en la viscosidad y la fluidez de la mezcla. Siendo así se proporciona la explicación sobre cómo diferentes porcentajes de neumáticos reciclados (1%, 2.5%, y 3.5%) pueden afectar el flujo de la mezcla asfáltica sostenible:

- Flujo convencional es 8 mm
- Incorporación del 1% de neumáticos reciclados más el flujo resultó 13 mm
- Incorporación del 2.5% de neumáticos reciclado más el flujo resultó 14 mm
- Incorporación del 3.5% de neumáticos reciclados más el flujo resultó 14 mm

**Tabla 33.** Valor de flujo con la adición de neumáticos reciclados

<b>Mezcla asfáltica sostenible</b>	<b>Convencional</b>	<b>1% de neumáticos reciclados</b>	<b>2.5% de neumáticos reciclados</b>	<b>3.5% de neumáticos reciclados</b>
Flujo	8mm	13mm	14mm	14mm

Fuente: Elaboración propia



*Figura 23.* Variación del flujo con la adición de neumáticos reciclado

Fuente: Autoría propia.

**Interpretación:** En la tabla 34 y figura 23, según los datos obtenidos en laboratorio, se puede visualizar como varía el flujo con cada adición de neumáticos reciclados, como es el caso con la adición del 1% de neumáticos reciclados la variación del flujo fue 13 mm, con la adición del 2.5% de neumáticos reciclados el incremento fue de 14mm, el mismo incremento sucedió con la adición del 3.5% ya que solo fue de 14 mm. Concretando de esa manera que agregando neumáticos reciclados siempre generará un incremento en el flujo y por ende las mezclas asfálticas llegaran a ser más sostenible.

**Objetivo específico 3: Establecer la incorporación de caucho reciclado en la estabilidad de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.**

La adición controlada de cauchos reciclados a la mezcla puede mejorar la estabilidad, especialmente en términos de resistencia a la formación de grietas y fisuras. Los neumáticos triturados actúan como un material elástico que puede ayudar a absorber tensiones y deformaciones, mejorando así la resistencia del pavimento. Siendo así, en la siguiente tabla se mostrará como varia la estabilidad según los porcentajes de agregado de neumáticos reciclados.

- Estabilidad convencional es 1483 Kg

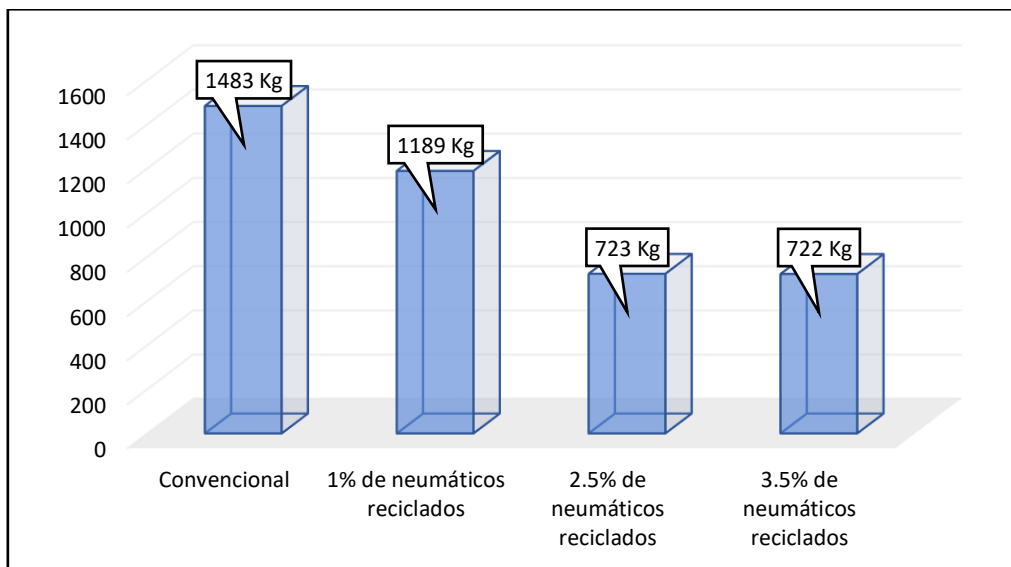


- Incorporación del 1% de neumáticos reciclados más la estabilidad resultó 1189 Kg.
- Incorporación del 2.5% de neumáticos reciclado más la estabilidad resultó 723Kg.
- Incorporación del 3.5% de neumáticos reciclados más la estabilidad resultó 722 Kg.

**Tabla 34.** Variación de la estabilidad con la adición de neumáticos reciclados

Mezcla asfáltica sostenible	Convencional	1% de neumáticos reciclados	2.5% de neumáticos reciclados	3.5% de neumáticos reciclados
Estabilidad	1483 Kg	1189 Kg	723 Kg	722 Kg

Fuente: Elaboración propia



*Figura 24.* Variación de la estabilidad con la adición de neumáticos reciclado.

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** En la tabla 35 y figura 24, según los datos obtenidos en laboratorio, se puede visualizar como varía la estabilidad con cada adición de neumáticos reciclados, como es el caso con la adición del 1% de neumáticos reciclados la variación de la estabilidad fue 1189 Kg, con la adición del 2.5% de neumáticos reciclados resulto una estabilidad de 723 Kg y con la adición del 3.5% la estabilidad resulto siendo 722 Kg. Concretando de esa manera que agregando neumáticos

reciclados siempre generará una disminución en la estabilidad llegando así que las mezclas asfálticas sean más sostenibles.

### Contrastación de hipótesis

Primeramente, se realizó la prueba de normalidad la cual se maneja con el Shapiro Wilk debido a que la muestra es menor a 50

**Tabla 35.** Prueba de Shapiro – Wilk.

	Shapiro – Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
V1: Mezcla de control	,864	2	,112
V2: Mezcla con agregado	,917	2	,080

Fuente: Base de datos.

Debido a que las significancias de ambas variables ( $p= 0,112$  y  $0,080$ ) son superiores al  $0.05$ , se toma la decisión de que los datos se manejan de manera normal, porque se aceptaría la  $H_0$  que dice que los datos se distribuyen normalmente y la  $H_1$  se rechazaría debido a que se menciona que los datos no se distribuyen normalmente. Por lo que se trabaja con la Prueba t.

### Con respecto a la hipótesis general

**H<sub>0</sub>:** El uso de caucho reciclado no impacta positivamente en la mezcla de asfalto sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.

**H<sub>1</sub>:** El uso de caucho reciclado impacta positivamente en la mezcla de asfalto sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.

**Tabla 36.** Prueba t de la estabilidad corregida de las muestras

	Media	Desviación	Desv. Error prom.	Intervalo de confianza		t	gl	Significancia
				Inferior	Superior			
GE(1%) – GC	712,67	22,68	13,09	656,33	769,00	54,43	2	,000
GE(2.5%) – GC	235,67	34,36	19,84	150,32	321,01	11,88	2	,007
GE(3.5%) - GC	231,00	30,05	17,35	156,35	305,65	13,32	2	,006

Fuente: Base de datos.

La mezcla asfáltica que contiene un 1% de neumáticos reciclados GE(1%), un 2.5% de neumáticos reciclados GE(2.5%) y un 3.5% de neumáticos reciclados GE(3.5%) presenta diferencias significativas en sus propiedades de estabilidad corregida en

comparación con la mezcla de control (GC). Por lo que la significancia estadística sugiere que se acepte la H1 y se rechace la H0, indicando que la incorporación de neumáticos reciclados en la mezcla de asfalto tiene un impacto positivo en la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023 y esta influencia se observa independientemente de la proporción de neumáticos reciclados utilizados en estas muestras. Asimismo, se puede deducir que el porcentaje que mas impacto tuvo es la del 1% de neumáticos reciclados por ser el que mas significancia tuvo en las propiedades físicas y químicas en la mezcla de asfalto sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.

### De acuerdo al hipótesis específico 1

**Ho:** El uso de caucho reciclado no impacta positivamente en el % de vacíos de la mezcla de asfalto sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.

**H1:** El uso de caucho reciclado impacta positivamente en el % de vacíos de la mezcla de asfalto sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.

**Tabla 37.** Prueba t de los porcentajes de vacíos de las muestras

	Medi a	Desviación	Desv. Error prom.	Intervalo de confianza		t	gl	Significancia
				Inferior	Superior			
GE(1%) – GC	-1,73	0,291	0,168	-2,447	-1,003	-10,280	2	,009
GE(2.5%) – GC	-1,22	0,181	0,104	-0,228	0,671	2,123	2	,012
GE(3.5%) - GC	-0,02	0,129	0,075	-0,336	0,305	-0,210	2	,067

Fuente: Base de datos.

La mezcla de asfalto con un 1% de neumáticos reutilizados GE(1%) tiene un % de vacíos significativamente diferente al de la mezcla de control (GC). Asimismo, sucede con la mezcla asfálticas con un 2,5% de neumáticos reciclados GE(2.5%) que tiene un % de vacíos significativamente diferente al de la mezcla de control (GC) y 3,5% y GE(3.5%) que si presentan diferencias significativas en el % de vacíos en comparación con la mezcla de control (GC). Por lo que la significancia estadística sugiere que se acepte la H1 y se rechace la H0, indicando que el uso de neumáticos reciclados en la mezcla asfáltica si llega a impactar positivamente en el porcentaje de vacíos. Asimismo, se tiene que con cada agregado de neumáticos reciclados los porcentajes de vacíos fueron variando. En el 1% de neumáticos reciclados los porcentajes de vacíos fueron 6.1%, con la adición del

2.5% de neumáticos reciclados el incremento fue de 7.9%, mientras que con la adición del 3.5% el incremento no llegó a ser superior al porcentaje anterior, teniendo un porcentaje de vacíos del 7.6%.

**Según lo detallado en la hipótesis específico 2:**

**Ho:** El uso del caucho reciclado no impacta positivamente en el flujo de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.

**H1:** El uso del caucho reciclado impacta positivamente en el flujo de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.

**Tabla 38.** Prueba t del flujo de las muestras

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Intervalo de confianza		t	gl	Significancia
				Inferior	Superior			
GE(1%) – GC	1803,33	101,155	58,402	1552,05	2054,62	30,878	2	,001
GE(2.5%) – GC	118,00	202,650	117,00	-385,41	621,41	1,009	2	,419
GE(3.5%) - GC	97,00	197,578	114,072	-393,81	587,81	,850	2	,485

Fuente: Base de datos.

La mezcla asfáltica con un 1% de neumáticos reciclados GE(1%) presenta una diferencia significativa en el flujo de la mezcla asfáltica sostenible en comparación con la mezcla de control (GC). Con respecto a la mezcla asfáltica con un 2,5% también suele presentar diferencias significativas en el flujo en comparación del mezcla de control (GC) y referente a la mezcla asfáltica del 3,5% exhibe una diferencia significativa en el flujo. Es por ello, que se puede inferir estadísticamente que se acepte la H1 y se rechace la H0, indicando que la incorporación de neumáticos reciclados puede impactar positivamente en el flujo de la mezcla asfáltica. Asimismo, se tiene que con cada agregado de neumáticos reciclados el flujo fue variando. En el 1% de neumáticos reciclados el flujo fue 13 mm, con la adición del 2.5% de neumáticos reciclados el incremento fue de 14 mm, mientras que con la adición del 3.5% el valor del flujo se mantuvo en 14mm.

**De acuerdo al hipótesis específico 3:**

**Ho:** El uso del caucho reciclado no impacta positivamente en la estabilidad de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.

**H1:** El uso del caucho reciclado impacta positivamente en la estabilidad de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.

**Tabla 39.** Prueba t de la estabilidad de las muestras

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Intervalo de confianza		t	gl	Significancia
				Inferior	Superior			
GE(1%) – GC	1521,04	98,764	752,112	1412,03	2021,07	32,971	2	,001
GE(2.5%) – GC	107,12	210,420	202,78	1501,11	1745,21	21,104	2	,016
GE(3.5%) - GC	84,00	162,391	107,118	987,70	1080,14	14,230	2	,273

Fuente: Base de datos.

La mezcla asfáltica con un 1% de neumáticos reciclados GE(1%) presenta una diferencia significativa en la estabilidad en comparación con la mezcla de control (GC). Las mezclas asfálticas con un 2,5% y 3,5% de neumáticos reciclados GE(2.5%) y GE(3.5%) muestran también diferencias significativas en la estabilidad cuando se comparan con la mezcla de control (GC). Es por ello, que se puede inferir estadísticamente que se acepte la H1 y se rechace la H0, indicando que la incorporación de neumáticos reciclados en la mezcla asfáltica puede impactar positivamente en la estabilidad. Asimismo, se tiene que con cada agregado de neumáticos reciclados el valor de la estabilidad fue variando. En el 1% de neumáticos reciclados la estabilidad fue 1189 Kg, con la adición del 2.5% de neumáticos reciclados la estabilidad fue de 723 Kg, mientras que con la adición del 3.5% el valor de la estabilidad fue 722 Kg.

## V. DISCUSIÓN

En cuanto al objetivo general: determinar de qué manera el uso de los neumáticos reciclados impacta en la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023. Se obtuvo como resultado que la mezcla asfáltica que contiene un 1% de neumáticos reciclados GE(1%), un 2.5% de neumáticos reciclados GE(2.5%) y un 3.5% de neumáticos reciclados GE(3.5%) presenta diferencias significativas en sus propiedades de estabilidad corregida en comparación con la mezcla de control (GC). Esto indica que la incorporación de neumáticos reciclados en la mezcla asfáltica tiene un impacto positivo en la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023. Además, se encontró que, para las tres comparaciones presentadas, las diferencias entre las muestras emparejadas son estadísticamente significativas con el 95% de confianza. Es decir, es muy probable que las diferencias observadas no sean debido al azar, sino que reflejen diferencias reales entre las muestras emparejadas en cada caso. Además, se ve una diferencia a favor de la proporción de 1% con una media diferencial de 712,67. Estos resultados guardan relación con los resultados obtenidos por Askarinejad y otros (2020), quienes mencionan que, al incrementarse la cantidad de llantas de desecho debido al aumento en el número de vehículos, es necesario beneficiarse del material del que están hechos los neumáticos, lo que plantea un verdadero desafío. El propósito de este documento es investigar el impacto del uso del caucho de llantas de desecho (de 10 años) en el diseño de mezclas asfálticas (desgaste de 3/4" de curso). El caucho triturado se utiliza con grado de betún (60/70). Cuatro porcentajes diferentes de caucho se utilizan con betún: 5%, 10%, 15% y 20%. Estas pruebas se llevaron a cabo tanto en el ensayo de Marshall como en la prueba de ductilidad, considerando los siguientes porcentajes de betún: 4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6%. El asfalto óptimo y los contenidos de caucho se investigan mediante la aplicación de varias mezclas de prueba que contienen diferentes betunes y caucho con los siguientes porcentajes: 95% y 5% caucho, 90% y 10% caucho, 85% y 15% caucho, y 80% y 20% caucho, respectivamente. En relación con los resultados de los experimentos de laboratorio, se recomienda a las entidades relevantes y a las partes interesadas que utilicen dichos materiales en la pavimentación de carreteras asfaltadas. Desde un punto de vista optimista,

se espera que el uso de tales materiales minimice el costo unitario de pavimento (metro cuadrado), así como los impactos ambientales (una solución amigable a los problemas de residuos de llantas). Los resultados indican que el 10% y el 15% del caucho cumplen con las normas y especificaciones. La adición de un 10%-15% de caucho al betún mejora todas las características tales como vacíos de aire, VMA, estabilidad y flujo. Las normas indican que los resultados de la prueba Marshall son aptos para tráfico pesado con una estabilidad mínima de 680 kg (75 golpes) y caudal máximo de 4 mm. El VMA mínimo para una mezcla de 3/4" es 14 y el intervalo de vacíos de aire es entre 3 y 5. Estos resultados tienen fundamento en lo que menciona Reyes (2013), cuando dice que el asfalto proporcionará una cohesión y unión íntima entre los elementos adheridos, y de igual manera aumenta la capacidad portante estructural, logrando reducir su espesor. Por todo ello es relevante destacar que, más allá de los ahorros en costos y la eficiencia material, la investigación podría servir como un catalizador para políticas públicas más amplias en torno a la economía circular. Este enfoque no solo aliviaría los vertederos y reduciría las emisiones de carbono, sino que también podría incentivar la innovación en otros sectores industriales para encontrar usos alternativos a los materiales de desecho. Sin embargo, sería interesante que futuros estudios aborden la longevidad y el desgaste del asfalto reciclado en condiciones reales de tráfico y clima para, de esta manera, evaluar su viabilidad a largo plazo.

En relación con el objetivo específico 1: indicar la incorporación de neumáticos reciclado en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023. Los resultados muestran diferencias significativas. La mezcla asfáltica que contiene un 1% de neumáticos reciclados GE(1%) exhibe un porcentaje de vacíos considerablemente distinto al de la mezcla de control (GC). Asimismo, sucede con la mezcla asfálticas con un 2,5% de neumáticos reciclados GE(2.5%) que tiene un porcentaje de vacíos significativamente diferente al de la mezcla de control (GC) y 3,5% y GE(3.5%) que si presentan diferencias significativas en el porcentaje de vacíos en comparación con la mezcla de control (GC). Por lo que la significancia estadística sugiere que se acepte la H1 y se rechace la H0, indicando que el uso de neumáticos reciclados en la mezcla asfáltica si llega a impactar positivamente en el porcentaje de vacíos. Estos hallazgos

coinciden con el estudio realizado por Espinoza y Navarrete en 2023. El propósito de su investigación era realizar el análisis experimental de una combinación asfáltica con ingrediente de caucho de llanta reciclada a través de ensayos de laboratorio para acrecentar las composiciones mecánicas y liberación de cargas contaminantes al medio ambiente. Concluyeron que con respecto al porcentaje de vacíos determinaron que si hubo incremento porcentual debido a que cada vez que se agregaba el caucho de llanta a la mezcla asfáltica (1%, 0,8%, 0,6%, 0,4%, 0,2%) el porcentaje de vacíos iba aumentando, teniendo así una mezcla asfáltica sostenible. Este enfoque está respaldado teóricamente por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2016), que señala la importancia del contenido de vacíos en la estabilidad del pavimento. Un bajo contenido de vacíos podría llevar a inestabilidad y deformación plástica, mientras que un alto contenido de vacíos podría aumentar la permeabilidad, permitiendo la circulación de aire y agua a través del pavimento. Por lo tanto, estos resultados plantean preguntas sobre cómo los distintos porcentajes de material reciclado interactúan con la mezcla asfáltica y afectan su comportamiento en términos de permeabilidad y resistencia. Sería beneficioso que futuras investigaciones aborden estas variabilidades, considerando factores adicionales como el tipo y grado de desgaste del neumático reciclado. Este hallazgo también sugiere la necesidad de un análisis más detallado para determinar el umbral óptimo de neumáticos reciclados en la mezcla, con el objetivo de maximizar tanto su rendimiento como su sostenibilidad.

Según el objetivo específico 2: explicar la incorporación de neumáticos reciclado en el flujo de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023. Los resultados son notables. Se ha observado que la mezcla asfáltica con un 1% de neumáticos reciclados GE(1%) presenta diferencias significativas en sus propiedades mecánicas, particularmente en flujo y estabilidad, al compararse con la mezcla de control (GC). Con respecto a la mezcla asfáltica con un 2,5% también suele presentar diferencias significativas en el flujo en comparación del mezcla de control (GC) y referente a la mezcla asfáltica del 3,5% exhibe una diferencia significativa en el flujo. Es por ello, que se puede inferir estadísticamente que se acepte la H1 y se rechace la H0, indicando que la incorporación de neumáticos reciclados puede impactar positivamente en el flujo de la mezcla asfáltica. Asimismo, se tiene que con cada agregado de neumáticos reciclados el flujo fue



variando. En el 1% de neumáticos reciclados el flujo fue 13 mm, con la adición del 2.5% de neumáticos reciclados el incremento fue de 14 mm, mientras que con la adición del 3.5% el valor del flujo se mantuvo en 14mm. Estos resultados son coherentes con la investigación realizada por Cuba y Santos (2021), cuyo objetivo era evaluar las propiedades físicas y mecánicas de mezclas asfálticas en caliente que incorporan llantas recicladas en pavimentos flexibles; teniendo como resultados que la incorporación de caucho granulado, en proporciones del 1%, 3% y 5%, resultó en un incremento del contenido de vacíos en la mezcla, y Además, la fluencia de la mezcla asfáltica caliente que contenía un 5% de caucho se elevó de 13,2 mm a 22,3 mm, lo cual demuestra que por cada porcentaje de caucho agregado el flujo va aumentando así como el contenido de vacío, reflejando su incidencia de esos cauchos en las mezclas asfálticas. Este enfoque está respaldado teóricamente por Veropalumbo et al. (2018, p. 103) quienes mencionan que el caucho reciclado, al ser más elástico que otros materiales, puede conferir una mayor flexibilidad a la mezcla asfáltica. Esto podría facilitar el flujo durante la producción y mejorar la capacidad de adaptación a deformaciones bajo cargas vehiculares. Además, la introducción de partículas de caucho reciclado puede modificar las propiedades reológicas del asfalto. Esto puede influir en la viscosidad y la fluidez del aglomerado asfáltico, afectando directamente el flujo durante la mezcla y la colocación. Estos hallazgos sugieren que el diseño de mezclas asfálticas debe considerar varios factores, incluidas las fuerzas aplicadas y las condiciones ambientales a las que estarán expuestas. Esta variabilidad en las propiedades mecánicas, sobre todo en flujo y estabilidad, al añadir distintas cantidades de neumáticos reciclados, genera interrogantes significativas acerca de la integridad estructural de las mezclas asfálticas.

Según el objetivo específico 3: explicar la incorporación de neumáticos reciclado en el flujo de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023. Se tuvo que La mezcla asfáltica con un 1% de neumáticos reciclados GE(1%) presenta una diferencia significativa en la estabilidad en comparación con la mezcla de control (GC). Las mezclas asfálticas con un 2,5% y 3,5% de neumáticos reciclados GE(2.5%) y GE(3.5%) muestran también diferencias significativas en la estabilidad cuando se comparan con la mezcla de control (GC). Infiriendo estadísticamente que la incorporación de neumáticos reciclados en la mezcla asfáltica puede impactar

positivamente en la estabilidad. Asimismo, se tiene que con cada agregado de neumáticos reciclados el valor de la estabilidad fue variando. En el 1% de neumáticos reciclados la estabilidad fue 1189 Kg, con la adición del 2.5% de neumáticos reciclados la estabilidad fue de 723 Kg, mientras que con la adición del 3.5% el valor de la estabilidad fue 722 Kg. Estos resultados son coherentes con la investigación realizada por Calva y Muñoz (2022) quienes afirman que el caucho reciclado, al ser más flexible en comparación con otros materiales, puede ayudar a reducir la fragilidad de la mezcla a bajas temperaturas. Esto es especialmente importante para la estabilidad invernal, donde las mezclas convencionales pueden volverse quebradizas. Además, la inclusión de neumáticos reciclados puede aumentar la resistencia a la fatiga de la mezcla. Esto implica una mayor capacidad para resistir la formación y propagación de grietas bajo cargas repetidas, mejorando la estabilidad estructural a lo largo del tiempo. Siendo así se puede decir que la granulometría y la distribución adecuada de las partículas de caucho reciclado en la mezcla son fundamentales para lograr una estabilidad óptima. Un diseño cuidadoso debe garantizar la cohesión y uniformidad en la distribución de los materiales. Es evidente que la incorporación de material reciclado como el caucho puede afectar la resistencia de la mezcla a cargas mecánicas y cambios de temperatura, lo cual es crucial para determinar su aptitud para soportar tráfico pesado. Esto podría requerir ajustes en los protocolos de pruebas de resistencia para mezclas asfálticas que incorporen neumáticos reciclados, con el objetivo de estandarizar mejor su calidad y anticipar su comportamiento a largo plazo. Por tanto, es esencial comprender la interacción entre el asfalto y el caucho reciclado para optimizar la estabilidad de la mezcla. Un análisis detallado puede proporcionar información sobre la interfaz asfalto-caucho y su impacto en la cohesión y resistencia.

## VI. CONCLUSIONES

- En relación con el objetivo general: los resultados indican que el porcentaje que más impacto tuvo es la del 1% de neumáticos reciclados por ser el que más significancia tuvo en las propiedades físicas y químicas de en la mezcla asfáltica sostenible, mientras que los de 2.5% y 3.5% tuvieron impacto pero en una menor proporción. Indicando de esa manera que la incorporación de neumáticos reciclados en la mezcla asfáltica tiene un impacto positivo en la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.
- Con respecto al objetivo específico 1: Los resultados demuestran que el uso de neumáticos reciclados en la mezcla asfáltica si llega a impactar positivamente en el porcentaje de vacíos, lo cual se muestra que con 1% de neumáticos reciclados los porcentajes de vacíos fueron 6.1%, con la adición del 2.5% de neumáticos reciclados el incremento fue de 7.9% y con la adición del 3.5% se tuvo un porcentaje de vacíos del 7.6%.
- Enfocándonos en el objetivo específico 2: Los resultados demuestran que la incorporación de neumáticos reciclados puede impactar positivamente en el flujo de la mezcla asfáltica, lo cual se muestra que con el 1% de neumáticos reciclados el flujo fue 13 mm, con la adición del 2.5% de neumáticos reciclados el incremento fue de 14 mm, mientras que con la adición del 3.5% el valor del flujo se mantuvo en 14mm.
- Con respecto al objetivo específico 3: Los resultados demuestran que la incorporación de neumáticos reciclados en la mezcla asfáltica puede impactar positivamente en la estabilidad, lo cual se muestra que con el 1% de neumáticos reciclados la estabilidad fue 1189 Kg, con la adición del 2.5% de neumáticos reciclados la estabilidad fue de 723 Kg, mientras que con la adición del 3.5% el valor de la estabilidad fue 722 Kg.

## VII. RECOMENDACIONES

- Recomiendo a los ingenieros y responsables de la planificación y construcción de infraestructuras de carreteras que consideren la incorporación de un 1% de caucho reciclado triturado de neumáticos en sus mezclas asfálticas en caliente que contienen un 6.00% de cemento asfáltico. Esta recomendación se basa en los hallazgos de nuestro estudio, que mostraron que esta proporción específica de caucho reciclado mejora significativamente las propiedades de estabilidad corregida de la mezcla asfáltica, con diferencias significativas estadísticamente con un 95% de confianza. La inclusión de este 1% de caucho reciclado podría, por lo tanto, contribuir a la durabilidad y resistencia de las carreteras, además de ser una estrategia sostenible para la reutilización de residuos de neumáticos.
- Recomiendo a las autoridades municipales y contratistas de construcción en la ciudad de Huaraz-Ancash que adopten un proyecto que implique la aplicación práctica de los neumáticos reciclados, permitiendo evaluar en condiciones reales el desempeño de las propiedades de la mezcla asfáltica al incorporar neumáticos reciclados, en contraste con una mezcla asfáltica convencional.
- Recomiendo a los ingenieros civiles y autoridades de transporte en la ciudad de Huaraz-Ancash que si llegan a incorporar el caucho neumático en la mezcla asfáltica, se aseguren de que el diseño de la mezcla se adapte a las condiciones climáticas y de tráfico específicas de Huaraz, debido a que las variaciones en la altitud y el clima pueden afectar el comportamiento de la mezcla y con ello implementen un programa de monitoreo a largo plazo para valorar el desempeño de la mezcla en condiciones reales.
- Recomiendo a los ingenieros civiles y autoridades de transporte en la ciudad de Huaraz-Ancash que realicen un análisis del impacto ambiental de la mezcla sostenible. Evalúen cómo la incorporación de neumáticos reciclados contribuye a la reducción de residuos y la sostenibilidad ambiental en la región.

## REFERENCIAS

**ALIGA, Yesenia. 2017.** *Aplicación del caucho reciclado para la mejora de las propiedades de la carpeta asfáltica en pavimentación.* s.l. Tesis (Licenciado en Ingeniería Civil). Huaraz: Universidad César Vallejo, 2017. Disponible en : <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/89937>

**ÁLVAREZ, Sergio. 2019.** *Alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo "Neumático fuera de uso", Municipio de Managua Nicaragua año 2015,* Revista de Ciencia y Tecnología [En línea] 2019, Vol. 9, págs. 2-17. [Consultado el 12 de noviembre de 2023]. Disponible en: doi: 10.5377/elhigo.v9i1.8992. ISSN-E: 2413-1911

**JIMÉNEZ, Angie. 2021.** *Análisis del desempeño mecánico de una mezcla asfáltica modificada con fibra de bambú.* Revista: Scielo [En línea] 2021, 42, Vol. 23. [Consultado el 13 de diciembre de 2023]. Disponible en: DOI: 10.15517/iv.v23i42.44839.

**MARTINES, Enrique y LIRA, Leonel. 2011.** *Análisis y aplicación de las expresiones del contenido de humedad en Sólidos.* Querétaro. Revista Centro de Metrología [En línea] 2011, s.n.,[Consultado el 18 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.cenam.mx/sm2010/info/pviernes/sm2010-vp01b.pdf>

**ARIAS, Fidias. 2016.** *El proyecto de Investigación introducción a la metodología científica.* [En línea] 2016. Sexta. Caracas. [Consultado el 12 de diciembre de 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/301894369\\_EL\\_PROYECTO\\_DE\\_INVESTIGACION\\_6a\\_EDICION](https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION)

**LUBO, Orlando y MARTÍNEZ, Roiman. 2022.** *Asfaltos modificados con cauchos en vías primarias en las ciudades Santa Marta, Barranquilla y Bogotá como alternativa de mejoramiento de la capa de rodadura de los pavimentos flexibles entre los años 2012-2019.* Editorial: Universidad Cooperativa De Colombia, [En línea] 2022, Vol. 4. [Consultado el 25 de noviembre de 2023]. disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/85554d84-8c93-4d85-98fc-3c33a44edb85/content>

**REYES, Oscar; CAMACHO, Javier y LONDONO, Angie. 2013.** *Caracterización mecánica de mezclas asfálticas en función del origen y gradación del agregado pétreo.* Revista científica “General José María Córdova”, [En línea] 2013, Nº 11, Vol. 12 R, págs. 215-232. [Consultado el 06 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4762/476248925011.pdf> ISSN 1900-6586

**CARO, Edwin y CASIANO, Yaneth. 2020.** *Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos, Huaraz, 2020.* Tesis (licenciado en Ingeniería Civil) Huaraz: Universidad César Vallejo. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75868>

**CARRANZA, Kelvin. 2021.** *Evaluación de una mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos, Chota.* Tesis (licenciado en Ingeniería Civil) Chota: Universidad Nacional Autónoma de Chota, 2021. Disponible en: <https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/210>

**CARRASCO, S. 2009.** *Metodología de la investigación científica.* Editorial: San Marcos, [En línea] Lima: s.n., 2009. [Consultado el 15 de octubre de 2023]. Disponible en: [https://www.sancristoballibros.com/libro/metodologia-de-la-investigacion-cientifica\\_45761](https://www.sancristoballibros.com/libro/metodologia-de-la-investigacion-cientifica_45761)

**CERRUDO, Diego. 2021.** *Influencia del polvo de neumático en una mezcla asfáltica por vía seca para vías locales con pavimento flexible.* Tesis (licenciado en Ingeniería Civil) Lima: Universidad Privada del Norte, 2021. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29134?locale-attribute=en>.

**CHAMBA, Fátima y BENAVIDES, Jonathan. 2019.** *Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando caucho triturado de neumático reciclado.* Tesis (licenciado en Ingeniería Civil) La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2019. Disponible en <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5225>

**JAIN, Shobhit y SINGH, Bhupendra. 2021.** *Cold mix asphalt: An overview..* 2021, Journal of Cleaner Production [En línea]. 2021, Vol. 280. [Consultado el 13 de noviembre de 2023]. Disponible en: doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124378

**CONTRERAS, Mario. 2015.** Validez de los instrumentos. (Teoría y problemas) 2015. Disponible en: <https://educapuntos.blogspot.com/2015/03/validez-y-confiabilidad-ejemplos.html>.

**BRESSI, Sara, y otros. 2019.** *Crumb Rubber Modifier in Road Asphalt Pavements: State of the Art and Statistics*. Journal of Mdpi [En Línea]. 2019, Coatings, Vol. 9. [Consultado el 14 de octubre de 2023]. disponible en: doi: 10.3390/coatings9060384

**CUBA, Jeanpier y SANTOS, Félix. 2021.** *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente incorporando neumáticos reciclados para un pavimento flexible, Junín 2021*. Tesis (licenciado en Ingeniería Civil) Lima : Universidad César Vallejo , 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/90890>

**DAVIM, Paulo. 2018.** *Introduction to Mechanical Engineering*. (Libro) 1 era ed. . Suiza : Cham Gewerbestrasse, 2018. Disponible en: <https://btpm.nmu.org.ua/en/students/subject/J.-Paulo-Davim-Introduction-to-Mechanical-Engineering.pdf>

**DIARIO Carreteras Panamericanas. 2021.** Asfalto para carreteras con neumáticos reciclados. [En línea] 2021. [Consultado el 23 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.carreteras-pa.com/productos-y-tecnologia/asfalto-para-carreteras-con-neumaticos-reciclados/>

**DIRECCIÓN General de Caminos y Ferrocarriles . 2016.** *Manual de ensayo de materiales*. Lima: Ministerio de transporte y comunicaciones, [En línea] 2016. [Consultado el 23 de agosto de 2023] Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)

**BONILLA, Patricio, y otros. 2020.** *Efecto de la incorporación por vía seca de residuos de caucho obtenido tras su remoción de una pista*. 1, 2020, Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia [En Línea]. 2020, Vol. 43, págs. 3-11. [Consultado el 10 de octubre de 2023]. disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/tecnica/article/view/30780>

**MONU, Kumari, R.N, G.D. Ransinchung y Singh, SURENDER. 2019.** *Effect of long-term ageing on properties of RAP inclusive WMA mixes.*. 2019, Journal of Construction and Building Materials [En Línea]. 2019, Vol. 206. Construction and Building Materials [Consultado el 22 de octubre de 2023]. disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819303824#:~:text=Inclusions%20of%20WMA%20was%20found,compared%20to%20RAP%2DHMA%20mixes>

**LU, Shyi-Min, y otros. 2013.** *Energy-saving potential of the industrial sector of Taiwan.* 2013, Renewable and Sustainable Energy Reviews, [En Línea]. 2013. Vol. 21, págs. 674-683. [Consultado el 22 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.01.021> ISSN 1364-0321.

**ESPINOZA, José y NAVARRETE, María. 2023.** *Análisis experimental de una mezcla asfáltica con adición de caucho de llanta reciclada.* Tesis (licenciado en Ingeniería Civil) Guayaquil : Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil , 2023. Disponible en: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/6149/1/T-ULVR-5003.pdf>

**CALVA, Leyner y MUÑOZ, Sócrates. 2022.** *Estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente incorporando escorias de acero.* 43, Revista Infraestructura Vial, [En Línea]. 2022, Vol. 24. ISSN electrónico: 2215-3705. [Consultado el 05 de noviembre de 2023]. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-37052022000100083&script=sci\\_abstract&tlng=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-37052022000100083&script=sci_abstract&tlng=es)

**CRUZ, Nicole, y otros. 2021.** *Evaluación de desempeño de la mezcla asfáltica modificada con residuos de PVC tipo blíster.* Revista Infraestructura Vial [En Línea]. 2021, Vol. 23. ISSN 2215-3705. [Consultado el 14 de diciembre de 2023]. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-37052021000200013&script=sci\\_abstract&tlng=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-37052021000200013&script=sci_abstract&tlng=es)

**SAIZ, Leticia, y otros. 2021.** *Guía de empleo del caucho reciclado procedente del neumático.* Revista de plásticos modernos. [En Línea] 2021. Madrid : s.n., 2021, , Vol. 122. [Consultado el 04 de diciembre de 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/357285349\\_Guia\\_de\\_empleo\\_del\\_caucho\\_reciclado\\_procedente\\_del\\_neumatico](https://www.researchgate.net/publication/357285349_Guia_de_empleo_del_caucho_reciclado_procedente_del_neumatico)



**HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto y MENDOZA Torres, Christian Paulina. 2018.** *Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* (Libro) s.l. : Mc Graw Hill Education, 2018. [Consultado el 10 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>

**NACER, A., y otros. 2019.** *Hormigón sustentable basado en fibras de neumáticos fuera de uso.* 39, 2019, Revista internacional de contaminación ambiental, [En Línea]. 2019, Vol. 35, págs. 723-729. [Consultado el 17 de noviembre de 2023]. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992019000300723&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992019000300723&script=sci_abstract)

**VEROPALUMBO, Rosa; VISCIONE, Nunzio y FORMISANO, Anna. 2018.** *Hot mix asphalt with fly ashes for dense-graded surface layers of rural roads.* 2018, Environmental Impact [En Línea]. 2018. IV, Vol. 215, págs. 93-105. [Consultado el 11 de diciembre de 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/327877452\\_Hot\\_mix\\_asphalt\\_with\\_fly\\_ashes\\_for\\_dense-graded\\_surface\\_layers\\_of\\_rural\\_roads](https://www.researchgate.net/publication/327877452_Hot_mix_asphalt_with_fly_ashes_for_dense-graded_surface_layers_of_rural_roads)

**VAN Hoek, Johannes, y otros. 2019.** *Implications of the Use of Silica as Active Filler in Passenger Car Tire Compounds on Their Recycling Options.* Revista CC BY [En Línea]. 2019. 5, 2019, Materials , Vol. 12. [Consultado el 08 de noviembre de 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/331492924\\_Implications\\_of\\_the\\_Use\\_of\\_Silica\\_as\\_Active\\_Filler\\_in\\_Passenger\\_Car\\_Tire\\_Compounds\\_on\\_Their\\_Recycling\\_Options](https://www.researchgate.net/publication/331492924_Implications_of_the_Use_of_Silica_as_Active_Filler_in_Passenger_Car_Tire_Compounds_on_Their_Recycling_Options)

**LEMACHE, Wilmer, y otros. 2021.** *Incidencia del aire y del nitrógeno en el desgaste de neumáticos en vehículos sedan.* 3, 2021, Revista Científica Dominio de las Ciencias [En Línea]. 2021, Vol. 7, págs. 1251-1267. ISSN-e 2477-8818. [Consultado el 02 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8229725>

**RASKID, K. y BALOUCH, K. 2017.** *Influence of steel fibers extracted from waste tires on shear behavior of reinforced concrete beams.* Journal of the fib [En Línea]. 2017, , Vol. 18, págs. 589-596. [Consultado el 30 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/suco.201600194>

**LEÓN, Paul; MAILA, Jorge y ALBUJA, Efren. 2020.** *Influencia de aditivos (polímeros y polialuminio) en las propiedades físico-mecánicas de mezclas asfálticas en caliente.* Revista: FIGEMPA: Investigación Y Desarrollo [En Línea]. 2020, , Vol. 9, págs. 60-71. [Consultado el 14 de enero de 2024]. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/1931>

**LÓPEZ, José Francisco. 2018.** muestra estadística. *economipedia.* (Definiciones). [Consultado el 08 de noviembre de 2018]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/muestra-estadistica.html>.

**MACEDO, Sergio y URETA, Cristian. 2020.** *Influencia del caucho reciclado utilizado como agente modificante en los parámetros de diseño de una mezcla asfáltica.* Tesis (licenciado en Ingeniería Civil) Lima : Universidad Ricardo Palma, 2020. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3681>

**ISWANTO, Enri y CANDRA, Pria. 2019.** *Marshall Characteristics of Asphalt Concrete Wearing Course Using Crumb Rubber Modified of Motorcycle Tire Waste as Additive.* Materials Science Forum [En Línea]. 2019, , Vol. 961, págs. 57-61. [Consultado el 08 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.scientific.net/MSF.961.57>

**LING, Cheng; HANZ, Andrew y BAHIA, Hussain. 2016.** *Measuring moisture susceptibility of Cold Mix Asphalt with a modified boiling test based on digital imaging.* 2016, Construction and Building Materials [En Línea]. 2016, Vol. 105, págs. 391-399. ISSN 0950-0618. [Consultado el 24 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061815307650>

**MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. 2022.** Estadística - Boletín Estadístico del MTC. [Consultado el 15 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344749-estadistica-boletin-estadistico-del-mtc>.

**ORTIZ, Carlos. 2021.** *Modificación de una mezcla asfáltica tipo III adicionando polvo de caucho de neumáticos usados, mediante un proceso húmedo* Revista AIDIS De Ingeniería Y Ciencias Ambientales Investigación, Desarrollo Y práctica. [En Línea]. 2021, Vol. 14, págs. 194-204. [Consultado el 13 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/70232>

**NORMA Técnica Ecuatoriana. 2012.** *Neumáticos.* (Definiciones y clasificación) Quito : NTE INEN 2096:2012, 2012. Disponible en: <https://docplayer.es/64418122-Nte-inen-2096-tercera-revision.html>

**ÑAUPAS, Humberto, y otros. 2019.** *Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis.* (Teoría) Bogotá : s.n., 2019. Disponible en: [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf)

**BOJORQUE, Jaime; FLORES, Cristian y VÁSQUEZ, Mario. 2019.** *Parámetros Marshall para el control de calidad de mezclas asfálticas en caliente después de la construcción de pavimentos.* Revista de la construcción [En Línea]. 2019, Vol. 18, págs. 178-185. [Consultado el 13 de noviembre de 2023]. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2019000100178&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2019000100178&script=sci_abstract)

**CARDOZA, María Alejandra; PALOMINO, Karol y ANGULO, Gina. 2019.** *Pavimento flexible utilizando una mezcla asfáltica con grano de caucho reciclado para su sostenibilidad en Colombia.* Revista: Sostenibilidad, Tecnología Y Humanismo [En Línea]. 2019, , Vol. 10, págs. 17-27. [Consultado el 25 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://revistas.unitecnar.edu.co/index.php/sth/article/view/16>

**GONG, Jie, y otros. 2019.** *Performance evaluation of warm mix asphalt additive modified epoxy asphalt rubbers.* 2019, Revista: Construction and Building Materials [En Línea]. 2019, Vol. 204, págs. 288-295. ISSN 0950-0618. [Consultado el 02 de octubre de 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/330993779\\_Performance\\_evaluation\\_of\\_warm\\_mix\\_asphalt\\_additive\\_modified\\_epoxy\\_asphalt\\_rubbers](https://www.researchgate.net/publication/330993779_Performance_evaluation_of_warm_mix_asphalt_additive_modified_epoxy_asphalt_rubbers)

**PORTOCARRERO, Max Bertony . 2019.** *Influencia del caucho reciclado en la mezcla asfáltica en frío para el uso en el parchado de la carpeta asfáltica.* Tesis (licenciado en Ingeniería Civil) Lima : s.n., 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/42729#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20concluye%20que%20el,parchado%20de%20la%20carpeta%20asf%C3%A1ltica.>

**LO-PRESTI, Davide. 2013.** *Recycled Tyre Rubber Modified Bitumens for road asphalt mixtures: A literature review.* 2013, Revista: Construction and Building Materials [En Línea]. 2013, Vol. 49. ISSN 0950-0618. [Consultado el 13 de octubre de 2023]. Disponible en: doi: 10.1016/j.conbuildmat.2013.09.007

**RIVERA, Abel y TOCTO, Santos. 2021.** *Influencia del polvo de caucho de neumáticos en la mezcla asfáltica para la pavimentación de la Av. Los Incas-Chiclayo 2021.* Tesis (licenciado en Ingeniería Civil) Chiclayo : Universidad César Vallejo , 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/89495>

**RODRÍGUEZ, Yaniris . 2020.** *Metodología de la investigación.* (Teoría) s.l. : Editorial Klik, 2020. disponible en: <https://eltimonlibreria.com/libro/metodologia-de-la-investigacion-9786078682225>

**SÁNCHEZ, Miguel y GUZMÁN, Marta. 2013.** *Análisis de la eficiencia medioambiental del recauchutado de neumáticos.* (Teoría) s.l. : Universidad Miguel Hernández, 2013. Disponible en: <https://editorial.umh.es/2013/08/02/analisis-de-la-eficiencia-medioambiental-del-recauchutado-de-neumaticos/>

**Sánchez, Rocío. 2012.** *Segunda vida de los neumáticos usados.* Revista: Química viva [En Línea]. 2013, Buenos Aires : Universidad de Buenos Aires , 2012, , Vol. 11. [Consultado el 30 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86323612003.pdf>

**ASKARINEJAD, Hossein; SINGH, Amarjit y YAZDANI, Siamak. 2020.** *The impact of adding waste tire rubber on asphalt mix design.* Christchurch : ASEA SEC 5 [En Línea]. 2020, Emerging Technologies and Sustainability Principles in Structural Engineering and Construction. Consultado el 30 de diciembre de 2023]. Disponible en: [https://staff.najah.edu/media/conference/2020/06/15/Amjad\\_Issa-MAT-08-28052020.pdf](https://staff.najah.edu/media/conference/2020/06/15/Amjad_Issa-MAT-08-28052020.pdf)

**UBINA, Lucia. 2019.** *Diseño de pavimento flexible con la utilización de polvo de caucho reciclado.* Tesis (licenciado en Ingeniería Civil) Tarapoto: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31570>

**HOYOS, Luz; PUICON, Katyuska y MUÑOZ, Sócrates Pedro. 2021.** *Uso del caucho granulado en mezclas asfálticas: Una revisión literaria.* Revista Infraestructura Vial. [En Línea]. 2021 41, s.l. Vol. 23. [Consultado el 09 de diciembre de 2023]. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2215-37052021000100011](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-37052021000100011)

**HOSAHALLY, Vinay y PRAPOORNA, Krishna. 2023.** *Utilization of high contents of recycled tire crumb rubber in developing a modified-asphalt-rubber binder for road applications.* *Resources, Conservation and Recycling* [En Línea]. 2023, Vol. 192. ISSN 0921-3449. [Consultado el 05 de diciembre de 2023]. Disponible en: doi: 10.1016/j.resconrec.2023.106909

**CORRAL, Yadira. 2019.** *Validity and reliability of the instruments to collect data.* Revista ciencias de la educación [En Línea]. 2019. 33, s.l. :, 2019, Vol. 19, págs. 1-20. [Consultado el 05 de diciembre de 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5362681>

**WESTREICHER, Guillermo. 2021.** Diseño experimental. (Teoría) [Revisado el 1 de noviembre de 2023] Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/disenio-experimental.html>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.

Título: Evaluación de una mezcla asfáltica sostenible utilizando neumáticos reciclados en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.					
Autor: Mejia Bedon Frank Peter					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Mezcla asfáltica sostenible	Es una combinación de agregados gruesos, finos y un adicional de asfalto dependiendo de la densidad de la mezcla para saber el o determinar los vacíos de aires, vacíos en los minerales agregados y por último su porcentaje de asfalto (Jiménez, 2021).	La variable de mezcla asfáltica sostenible se medirá mediante el diseño de mezclas de Marshall y por medio del análisis de las propiedades físicas y mecánicas.	Propiedades físicas	Porcentaje de vacíos (%)	De razón
			Propiedades mecánicas	Flujo (pulg/mm)	De razón
				Estabilidad (KN)	De razón
Neumáticos reciclados	Es un material obtenido a partir de llantas de desecho de vehículos automotores, su destino no suele ser muy amigable con el medio ambiente, los vertederos, centrales térmicas y vertederos a cielo abierto provocarán graves daños al medio ambiente. Este material se utiliza en diferentes obras de ingeniería civil, como rellenos de terraplenes, materiales de cerramientos, suelos de parques, como modificador en mezclas asfálticas (Sánchez, y otros, 2013).	La variable neumáticos reciclado se va a medir primeramente mediante el análisis de las características físicas de las mismas, para luego realizar la prueba de dosificación en los tipos: 1%, 2,5% y 3,5%.	Características físicas	Granulometría	De razón
				Densidad de partículas	
				Contenido de humedad	
			Dosificación	Tipo I: 1%	De razón
				Tipo II: 2.5%	
				Tipo III: 3.5%	

## Anexo 2. Matriz de consistencia

<b>Título:</b> Evaluación de una mezcla asfáltica sostenible utilizando neumáticos reciclados en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.							
<b>Autor:</b> Mejia Bedon Frank Peter							
<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnicas e Instrumentos</b>	<b>Metodología</b>
¿De qué manera el uso de los neumáticos reciclados impacta en la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023?	Determinar de qué manera el uso de los neumáticos reciclados impacta en la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.	El uso de los neumáticos reciclados impacta positivamente en la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.	Mezcla asfáltica sostenible	Propiedades físicas	Porcentaje de vacíos (%)	Observación Análisis documental	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo  <b>Nivel:</b> Explicativa  <b>Diseño:</b> Experimental  <b>Población Y muestra:</b>
				Propiedades mecánicas	Flujo (pulg/mm)		
					Estabilidad (KN)	Check list Lista de Cotejo	
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicos</b>	Neumáticos reciclados	Características físicas	Granulometría	Observación	

<p>¿De qué manera la incorporación de los neumáticos reciclados impacta en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023?</p>	<p>Indicar la incorporación de neumáticos reciclado en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.</p>	<p>El uso de los neumáticos reciclados impacta positivamente en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.</p>			<p>Densidad de partículas</p>	<p>Revisión documental</p> <p>Fichas de ensayos y control de laboratorio</p> <p>Check list</p>	<p>26 briquetas diseñadas mediante el método Marshall</p>
<p>¿De qué manera la incorporación de los neumáticos reciclados impacta en el flujo de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023?</p>	<p>Explicar la incorporación de neumáticos reciclado en el flujo de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.</p>	<p>El uso de los neumáticos reciclados impacta positivamente en el flujo de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.</p>		<p>Dosificación</p>	<p>Tipo I: 1%</p> <p>Tipo II: 2.5%</p> <p>Tipo III: 3.5%</p>		



<p>¿De qué manera la incorporación de los neumáticos reciclados impacta en la estabilidad de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023?</p>	<p>Establecer la incorporación de neumáticos reciclado en la estabilidad de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.</p>	<p>El uso de los neumáticos reciclados impacta positivamente en la estabilidad de la mezcla asfáltica sostenible en la ciudad de Huaraz- Ancash, 2023.</p>					
---	--	--	--	--	--	--	--

**Anexo 4. Panel fotográfico**

**Problemática de desechos neumáticos a lado la vía longitudinal Huaras- Caraz**

**Tramo: Jangas - Yungar**







**TRAMO JANGAS – ANTA**



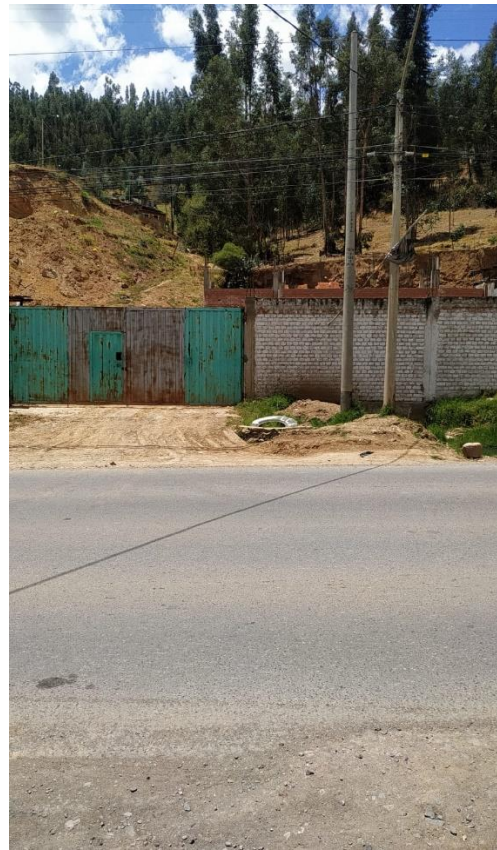


TRAMO HUARAZ- MONTERREY

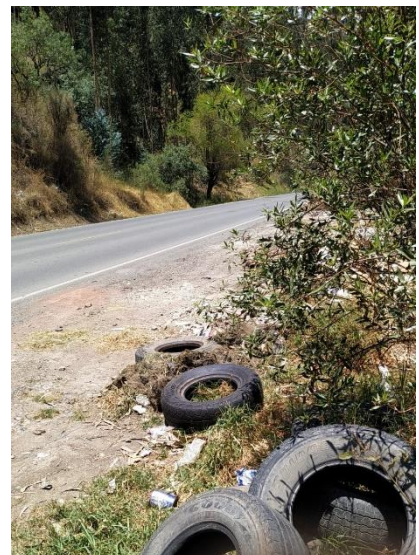




**TRAMO MONTERREY-PUENTE MULLACA**



**TRAMO PUENTE MULLACA- PALTAY**





**TRAMO ANTA – MARCARA**



**TRAMO MARCARA-CARHUAZ**



## TRAMO CARHUAZ



## ACOPIO DE CAUCHO NEUMATICO





## ACOPIO DE AGREGADOS





**TRITURACION DEL CAUCHO NEUMATICO MEDIANTE MOLIENDA DE MAQUINA TRITURADORA  
USADA PARA REENCAUCHADO**



**ASFALTO EN CALIENTE EMPLEADO EN LA PRUEBA**

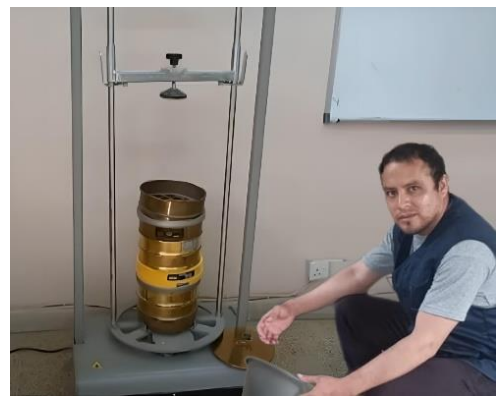


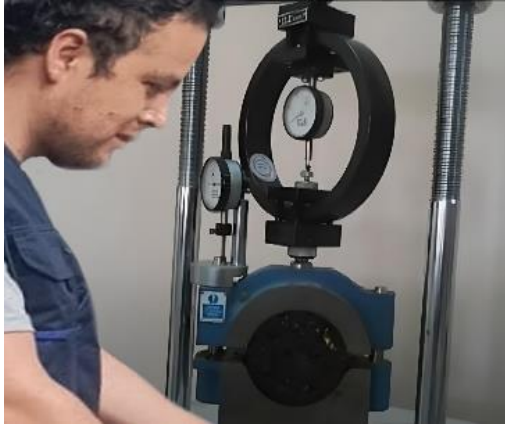
## PROCESO DE ELABORACIÓN











## Anexo 5. Pruebas de laboratorio



### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
<b>TESIS</b> : "EVALUACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA SOSTENIBLE UTILIZANDO NEUMATICOS RECICLADOS EN LA CIUDAD DE HUARAZ – ANCASH, 2023"					
<b>SOLICITA</b> : FRANK PETER MEJIA BEDON					
<b>DISTRITO</b> : HUARAZ			<b>HECHO EN</b> : USP -HUARAZ		
<b>PROVINCIA</b> : HUARAZ			<b>FECHA</b> : 18/09/2023		
<b>PROG. (KM.)</b> :			<b>ASESOR</b>		
DATOS DE LA MUESTRA					
<b>CALICATA</b> :					
<b>MUESTRA</b> : AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO					
<b>PROF. (m)</b> :					
AGREGADO GRUESO					
<b>N° TARRO</b>		10	18		
<b>PESO TARRO + SUELO HUMEDO</b>	(g)	1223.0	894.1		
<b>PESO TARRO + SUELO SECO</b>	(g)	1216.4	863.0		
<b>PESO DE AGUA</b>	(g)	166.4	168.5		
<b>PESO DEL TARRO</b>	(g)	6.60	33.10		
<b>PESO DEL SUELO SECO</b>	(g)	671.40	696.50		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	2.13	4.80		
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	(%)				
AGEGRADO FINO					
<b>N° TARRO</b>		7	13		
<b>PESO TARRO + SUELO HUMEDO</b>	(g)	1222.9	1175.3		
<b>PESO TARRO + SUELO SECO</b>	(g)	1194.2	1159.0		
<b>PESO DE AGUA</b>	(g)	169.30	173.7		
<b>PESO DEL TARRO</b>	(g)	28.70	6.30		
<b>PESO DEL SUELO SECO</b>	(g)	1024.9	984.20		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	(%)	2.80	0.64		
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	(%)				



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
INGENIERIA DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA**

**SOLICITA :** Alumna. Mejia Bedon Frank Peter

**LUGAR :** HUARAZ

**CANTERA :** TACLLAN

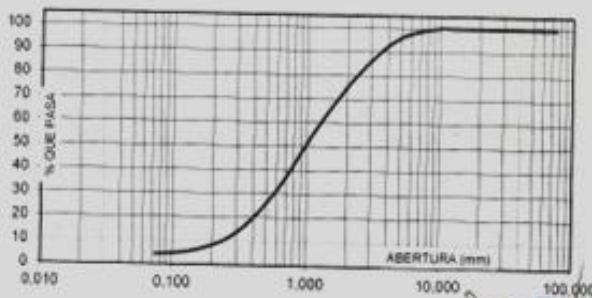
**MATERIAL :** AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	1718.8
PESO SECO LAVADO	1544.80
PESO PERDIDO POR LAVADO	174.00

TAMIZ	ABERT. (mm)	PESO RETEN (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	80.60	4.69	4.69	95.31
N° 8	2.360	266.00	15.48	20.17	79.83
N° 16	1.180	385.80	22.43	42.60	57.40
N° 30	0.600	445.00	25.93	68.52	31.48
N° 50	0.300	308.00	17.92	86.44	13.56
N° 100	0.150	125.00	7.27	93.72	6.28
N° 200	0.075	34.00	1.98	95.69	4.31
PLATO		74.00	4.31	100.00	0.00
TOTAL		1718.80	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : n° 4  
MODULO DE FINEZA : 3.2  
HUMEDAD : 2.80%

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MATERIAS PLASTICAS  
Ing. Elizabeth Mejia Ambrosio  
CIP: 836544  
JPE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA**

**SOLICITA :** Alumn. Mejia Bedon Frank Peter

**LUGAR :** HUARAZ

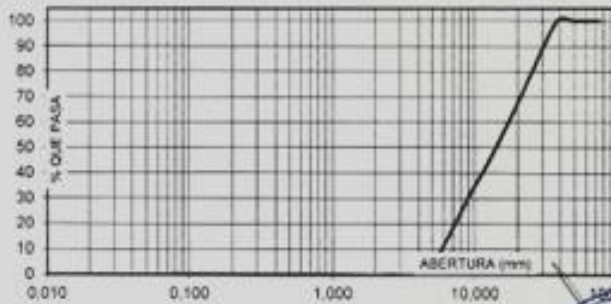
**CANTERA :** TACLLAN **MATERIAL :** AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	5611.6
PESO SECO LAVADO	5611.60
PESO PERDIDO POR LAVADO	0.00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No					
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	1175.30	20.94	20.94	79.06
3/4"	19.000	806.40	14.37	35.31	64.69
1/2"	12.500	1145.60	20.41	55.73	44.27
3/8"	9.500	647.70	11.54	67.27	32.73
N° 4	4.750	1563.40	29.64	96.91	3.09
N° 8	2.360	173.20	3.09	100.00	0.00
N° 16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		5611.60	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 1"  
MODULO DE FINEZA : 6.99  
HUMEDAD : 0.63%

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MATERIAS DE SUELOS Y  
CONCRETO ESTRUCTURALES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrojo  
CIP: 116544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Peru - Telf.: 043 341078 / 342809 / 326034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos 8 s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nueve Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usapedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO GRUESO**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS		
<b>TESIS</b>	:	"EVALUACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA SOSTENIBLE UTILIZANDO NEUMATICOS RECICLADOS EN LA CIUDAD DE HUARAZ - ANCASH, 2023"
<b>SOLICITA</b>	:	FRANK PETER MEJIA BEDON
<b>DISTRITO</b>	:	HUARAZ
<b>PROVINCIA</b>	:	HUARAZ
<b>PROG (KM.)</b>	:	
	<b>HECHO EN</b>	: USP -HUARAZ
	<b>FECHA</b>	: 18/09/2023
	<b>ASESOR</b>	

- A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)  
 C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacios  
 D : Peso de material seco en el horno  
 E = C - ( A - D ) : Volumen de masa

1006.8	941.5	1049.8
624.5	584.0	649.5
382.3	357.5	400.3
1003.5	936.5	1047.0
379.0	352.5	397.5
0.33	0.53	0.27
0.38		

ABSORCION (%) :  $((A-D/D) \times 100)$   
 ABS. PROM. (%) :

- P.e. Bulk (Base Seca) = D/C  
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C  
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

PROMEDIO		
2.62	2.62	2.62
2.63	2.63	2.62
2.65	2.66	2.63

**PROMEDIO**

- P.e. Bulk (Base Seca)  
 P.e. Bulk (Base Saturada)  
 P.e. Aparente (Base Seca)

2.62
2.63
2.65



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FICHA - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENSAYOS DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

**PESOS UNITARIOS**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
<b>TESIS</b>	: "EVALUACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA SOSTENIBLE UTILIZANDO NEUMATICOS REICLADOS EN LA CIUDAD DE HUARAZ – ANCASH, 2023"		
<b>SOLICITA</b>	: FRANK PETER MEJIA BEDON		
<b>DISTRITO</b>	: HUARAZ	<b>HECHO EN</b>	: USP -HUARAZ
<b>PROVINCIA</b>	: HUARAZ	<b>FECHA</b>	: 18/09/2023
<b>PROG (KM.)</b>	:	<b>ASESOR</b>	:

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19203	19195	19105
Peso de molde	5310	5310	5310
Peso de muestra	13893	13885	13795
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1487	1486	1477
<b>Peso unitario prom.</b>	1484 Kg/m <sup>3</sup>		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20017	20025	20012
Peso de molde	5310	5310	5310
Peso de muestra	14707	14715	14702
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1574	1575	1574
<b>Peso unitario prom.</b>	1575 Kg/m <sup>3</sup>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
PAVIMENTOS  
Ing. Elizabeth Maza Ambrósie  
CIP: 110544  
JEFE



# USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## PESOS UNITARIOS

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
<b>TESIS</b>	:	"EVALUACION DE UNA MEZCLA ASFALTICA SOSTENIBLE UTILIZANDO NEUMATICOS RECICLADOS EN LA CIUDAD DE HUARAZ – ANCASH, 2023"	
<b>SOLICITA</b>	:	FRANK PETER MEJIA BEDON	
<b>DISTRITO</b>	:	HUARAZ	<b>HECHO EN</b> : USP -HUARAZ
<b>PROVINCIA</b>	:	HUARAZ	<b>FECHA</b> 18/09/2023
<b>PROG (KM.)</b>	:		<b>ASESOR</b>

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7590	7605	7615
Peso de molde	3426	3426	3426
Peso de muestra	4164	4179	4189
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1500	1505	1509
<b>Peso unitario prom.</b>	1505 Kg/m3		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8060	8041	8055
Peso de molde	3426	3426	3426
Peso de muestra	4634	4615	4629
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1669	1662	1668
<b>Peso unitario prom.</b>	1666 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENSAYOS DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
**CIUDAD UNIVERSITARIA:** - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - **Bolognesi** Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
 - **Nuevo Chimbote** D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - **San Luis** Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
**OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL  
LABORATORIO DE MATERIALES  
Consultoría, Supervisión y Ejecución de Obras

ASGEOTEC

Reporte de ensayo:  
**ENSAYO MARSHALL DE ASFALTO CON DIVERSAS  
PROPORCIONES DE CAUCHO RECICLADO**

Rev: 01  
Código: AGC-C\_04-10-  
23  
Página 1

### INFORMACION DEL PROYECTO

Solicitante: *Mejía Bedon, Frank Peter*

Proyecto: *"Evaluación de una mezcla asfáltica sostenible utilizando neumáticos reciclados en la ciudad de Huaraz – Ancash, 2023"*.

Ubicación: *Huaraz, Ancash.*

### INFORMACION DEL ENSAYO

DATOS DE LA PROBETA:

Tipo de muestra: *Probetas de asfalto*

Fecha: *04/10/2023*

PROBETA			PROPIEDADES				
Nº	Cód.	Descripción	Peso unitario de la probeta	% de vacíos con aire	Estabilidad corregida	Lectura del flexímetro (mm)	Relación estabilidad/fluencia-rigidez
1	M.01	Probeta: con 1% de caucho reciclado	2,254	6,1	1189	13	3543
2	M.02	Probeta: con 1% de caucho reciclado	2,259	5,715	1175	12	3769
3	M.03	Probeta: con 1% de caucho reciclado	2,263	5,81	1182	13	3499

### OBSERVACIONES:

\*Las muestras de asfalto con caucho, se entregaron al laboratorio solicitante, para su análisis.

ASGEOTEC  
Lab. Técnica de Suelos, Cemento y Pavimentos

.....  
FERNANDO E. DA RODRIGUEZ  
Ingeniero Civil CIP N.º 83948  
Maestría en Geotecnia

### OFICINAS Y LABORATORIO:

Jr. Los Jazmines 3ra cdra. S/N. – Urb Villon Alto Mz. 172 Lt. 6 – Huaraz – Ancash

Tel: 943692931, 943492126, (043)426319

Email: [asgeotec@yahoo.com](mailto:asgeotec@yahoo.com)

RUC: 20605616723



	<b>ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION EIRL</b> LABORATORIO DE MATERIALES Consultoría, Supervisión y Ejecución de Obras		
	Reporte de ensayo: <b>ENSAYO MARSHALL DE ASFALTO CON DIVERSAS          PROPORCIONES DE CAUCHO RECICLADO</b>		Rev: 02 Código: AGC-C_05-10-23
			Página 2

INFORMACION DEL PROYECTO
Solicitante: <i>Mejía Bedon, Frank Peter</i> Proyecto: "Evaluación de una mezcla asfáltica sostenible utilizando neumáticos reciclados en la ciudad de Huaraz – Ancash, 2023". Ubicación: <i>Huaraz, Ancash.</i>

INFORMACION DEL ENSAYO
<b>DATOS DE LA PROBETA:</b> Tipo de muestra: <i>Probetas de asfalto</i> Fecha: <i>05/10/2023</i>

PROBETA			PROPIEDADES				
Nº	Cód.	Descripción	Peso unitario de la probeta	% de vacíos con aire	Estabilidad corregida	Lectura del flexímetro (mm)	Relación estabilidad/fluencia-rigidez
1	M.04	Probeta: con 2.5% de caucho reciclado	2,198	7,899	723	15	1856
2	M.05	Probeta: con 2.5% de caucho reciclado	2,206	7,798	684	14	1925
3	M.06	Probeta: con 2.5% de caucho reciclado	2,206	7,768	708	14	1974

**OBSERVACIONES:**

\*Las muestras de asfalto con caucho, se entregaron al laboratorio solicitante, para su análisis.

  
 ASGEOTEC  
 Lab. Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos  
 FERNANDO E. TAR RODRIGUEZ  
 Ingeniero Civil CIP N° 83948  
 Maestría en Geotecnia

**OFICINAS Y LABORATORIO:**  
 Jr. Los Jazmines 3ra cdra. S/N. – Urb Villon Alto Mz. 172 Lt. 6 – Huaraz – Ancash  
 Telf: 943692931, 943492126, (043)426319  
 Email: [asgeotec@yahoo.com](mailto:asgeotec@yahoo.com)  
 RUC: 20605616723

	<b>ASGEOTEC GEOTECNIA Y CONSTRUCCION E.I.R.L.</b> LABORATORIO DE MATERIALES Consultoría, Supervisión y Ejecución de Obras Reporte de ensayo:	
	<b>ENSAYO MARSHALL DE ASFALTO CON DIVERSAS          PROPORCIONES DE CAUCHO RECICLADO</b>	Rev: 03 Código: AGC-C_06-10-23 Página 3

INFORMACION DEL PROYECTO
Solicitante: <i>Mejía Bedon, Frank Peter</i> Proyecto: "Evaluación de una mezcla asfáltica sostenible utilizando neumáticos reciclados en la ciudad de Huaraz – Ancash, 2023". Ubicación: <i>Huaraz, Ancash.</i>

INFORMACION DEL ENSAYO
<b>DATOS DE LA PROBETA:</b> Tipo de muestra: <i>Probetas de asfalto</i> Fecha: <i>06/10/2023</i>

PROBETA			PROPIEDADES				
N°	Cód.	Descripción	Peso unitario de la probeta	% de vacíos con aire	Estabilidad corregida	Lectura del flexímetro (mm)	Relación estabilidad/fluencia-rigidez
1	M.07	Probeta: con 3.5% de caucho reciclado	2,188	7,6	722	15	1845
2	M.08	Probeta: con 3.5% de caucho reciclado	2,194	7,581	685	14	1900
3	M.09	Probeta: con 3.5% de caucho reciclado	2,194	7,572	694	14	1947

**OBSERVACIONES:**

\*Las muestras de asfalto con caucho, se entregaron al laboratorio solicitante, para su análisis.

  
 ASGEOTEC  
 Lab. Mecánica de Suelos, Control de Pavimentos  
 FERNANDO E. RODRIGUEZ  
 Ingeniero Civil G.P.N.º 83849  
 Maestría en Geotecnia

**OFICINAS Y LABORATORIO:**  
 Jr. Los Jazmines 3ra cdra. S/N. – Urb Villon Alto Mz. 172 Lt. 6 – Huaraz – Ancash  
 Telf: 943692931, 943492126, (043)426319  
 Email: [asgeotec@yahoo.com](mailto:asgeotec@yahoo.com)  
 RUC: 20605616723