

# Influence of the nylon fiber in an asphalt mixture

Quevedo-Carrión Reyler Wladimir Br.<sup>1</sup>, Valdez-Cruz Harold Joel Br.<sup>2</sup>, Sagástegui-Vásquez Germán, Mg. Ing.<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú. [N00013669@upn.pe](mailto:N00013669@upn.pe), [german.sagastegui@upn.edu.pe](mailto:german.sagastegui@upn.edu.pe)

<sup>2</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú. [N00154144@upn.pe](mailto:N00154144@upn.pe)

*Abstract- The objective of this research project is to determine the influence of nylon fiber in an asphalt mix, using the Marshall method, which had to comply with the requirements for the bituminous concrete mix of the MTC E 504 regulations. Where the Marshall test was carried out for the unmodified asphalt mix and those modified with nylon fiber. There was a stability of 9.14 Kn. In traditional mix, for the asphalt mix with 1.0%, 1.5% and 2.0% nylon fiber we have 9.48 Kn., 10.193 Kn. And 11,087 Kn. Regarding flow we have a 9.8 mm for a traditional mix, for 1.0%, 1.5% and 2.0% nylon fiber we have 9.627 mm, 10.247 mm and 11.06 mm. For the percentage of voids, there was 4.044% for a traditional asphalt mix, for 1.0%, 1.5% and 2.0% of nylon fiber we have 3.781%, 3.975% and 3.809% void. It is positively concluded in the properties of the asphalt mixture with the Marshall method adding the different percentages of Nylon fiber and the optimal amount of Nylon fiber of 2.00% was determined.*

**Keywords:** Nylon fiber, flow, voids.

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).

**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).

**DO NOT REMOVE**

# Influencia de la fibra de nylon en una mezcla asfáltica

Quevedo-Carrión Reyler Wladimir, Br.<sup>1</sup>, Valdez-Cruz Harold Joel, Br.<sup>2</sup>, Sagástegui-Vásquez Germán, Mg. Ing.<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú. [N00013669@upn.pe](mailto:N00013669@upn.pe), [german.sagastegui@upn.edu.pe](mailto:german.sagastegui@upn.edu.pe)

<sup>2</sup> Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú. [N00154144@upn.pe](mailto:N00154144@upn.pe)

**Resumen**– El presente proyecto de investigación tiene como objetivo determinar la influencia de la fibra de nylon en una mezcla asfáltica, empleando el método de Marshall la cual se tuvo que cumplir con los requisitos para la mezcla de concreto bituminoso de la normativa del MTC E 504, donde se realizó el ensayo Marshall para la mezcla asfáltica sin modificar y las modificadas con fibra de nylon. Se tuvo una estabilidad de de 9.14 Kn. en mezcla tradicional, para la mezcla asfáltica con 1.0%, 1.5% y 2.0% de fibra de nylon tenemos 9.48 Kn., 10.193 Kn. Y 11.087 Kn. En cuanto a flujo tenemos un 9.8 mm para una mezcla tradicional, para 1.0%, 1.5% y 2.0% de fibra de nylon tenemos 9.627 mm, 10.247 mm y 11.06 mm. Para el porcentaje de vacíos se tuvo 4.044% para una mezcla asfáltica tradicional, para 1.0%, 1.5% y 2.0% de fibra de nylon tenemos 3.781%, 3.975% y 3.809% de vacío. Se concluye de manera positiva en las propiedades de la mezcla asfáltica con el método de Marshall añadiendo los distintos porcentajes de fibra de Nylon y se determinó la cantidad óptima de fibra de Nylon de 2.00%.

**Palabras clave:** Fibra de Nylon, estabilidad, flujo, vacío.

## I. INTRODUCCIÓN

En las zonas urbanas y rurales del Perú, existen diversos tipos de pavimentos que son la principal forma de comunicación. Por estas razones, es más que evidente la importancia de construir con la calidad adecuada para prolongar su vida útil, permitiendo una circulación segura, cómoda y fluida: reduciendo de esta forma los costos de mantenimiento y operación [2].

En los últimos años, el Perú ha impulsado una política favorable para la construcción de obras viales a lo largo y ancho del territorio, por lo cual se ejecutó más de 15,000 kilómetros de carreteras con pavimentos asfálticos, según se dice en los reportes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, organismo encargado de la red vial nacional.

Ante esta realidad, existe la imperiosa necesidad de mejorar la tecnología de los pavimentos asfálticos en el Perú, para que alcancen la vida útil para la que fueron diseñados. La deformación permanente es una de las fallas más preocupantes en el deterioro de pavimentos y se hace necesario conocer sus causas fundamentales aun de tomar las previsiones del caso en las etapas de elaboración del proyecto, construcción y mantenimiento futuros [10].

En Colombia, se buscó determinar la influencia en la abrasión y el desgaste que tiene la adición de fibras de nylon y polipropileno en las mezclas asfálticas porosas, al ser sometidas al ensayo cántabro bajo condiciones secas y húmedas. Este proceso es llevado a cabo por medio de la fabricación de una serie de briquetas, la cual poseen la misma granulometría y

cantidad de agregado pétreo, pero se efectúa la variación en la cantidad de betún, tipo fibra y cantidad de fibra [6].

En un estudio realizado en Asia para la revista Arabian Journal for Science & Engineering, nos indica que la fibras se usan a menudo en la fabricación de otros materiales. Durante muchos años, se han utilizado ampliamente en numerosas aplicaciones en ingeniería civil. El refuerzo de fibra se refiere a la incorporación de materiales con propiedades deseada dentro de otros materiales que carecen de esas propiedades. El uso de fibras de carbón no es un fenómeno nuevo, ya que la técnica del betún reforzado con fibra comenzó ya en 1950. En todos los países industrializados hoy en día, casi todos los hormigones utilizados en la construcción están reforzados. Una multitud de fibras y materiales de fibra se introducen regularmente en el mercado [22].

Los asfaltos a los cuales se le agregan fibra de carbono reflejan una mejoría en su conductividad eléctrica en comparación con las mezclas de hormigón o asfalto habituales o convencionales. La cual provee nuevas propiedades entre sí, dicha propiedad deja que este material, tenga una buena respuesta al esfuerzo mecánico, modulando la variación en su resistividad, lo cual depende de la intensidad del esfuerzo externo, utilizando dicha variación para enfocar las cargas externas y deformaciones. pruebas de tensión, detección de vibraciones estructurales y calefacción de carreteras para derretir hielo y nieve [16].

## Asfalto

El asfalto es un material viscoso, pegajoso y negro; Su composición es variada, constituida principalmente por una mezcla de hidrocarburos pesados. Ocurre en lugares naturales o se obtiene de la refinación del petróleo y se usa como aglutinante en mezclas asfálticas utilizadas en carreteras o construcción de carreteras [17].

## Agregados

El agregado grueso consiste en grava o combinaciones de grava o agregados triturados, cuyas partículas son predominantemente mayores de 5 mm y generalmente entre 9,5 mm y 38 mm. Tampoco debe contener residuos que puedan afectar la composición del hormigón. También se dice que el agregado grueso se refiere a las partículas que permanecen en la malla N° 04 durante el proceso de cribado, estos agregados deben ser de forma regular, como redondos o cúbicos, no irregulares, alargados, porosos y gruesos; También es necesario que el árido grueso no tenga ángulos demasiado grandes, ya que

esto requeriría más agua en la mezcla y afectaría a su trabajabilidad [18].

### Método Marshall

Según el ASTM D-1559, nos dice para determinar las cualidades y propiedades (estabilidad, fluencia, durabilidad, trabajabilidad, resistencia al deslizamiento) que debe tener la mezcla de pavimentación y seleccionar un tipo de agregado y un tipo compatible de asfalto que puedan combinarse para producir esas cualidades. El método de Marshall original solo es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1") o menor [20].

### Fibra de nylon

Es un termoplástico semi cristiano de baja densidad y alta estabilidad térmica. Las poliamidas son uno de los termoplásticos de ingeniería mas importantes y útiles debido a su excelente resistencia a la abrasión, excelente coeficiente de fricción y propiedades excepcionales de resistencia a la temperatura y al impacto. La resina de nylon absorbe la humedad con facilidad, por lo que su estabilidad dimensional es inferior a la de otros plásticos de ingeniería. Las propiedades de la poliamida van desde la dureza y tenacidad hasta hasta la suavidad y flexibilidad [20].

## II. MÉTODO Y PROCEDIMIENTO

Los agregados de procedencia son de la cantera Zapotal ubicada en el caserío de puerto Chinchipe, Distrito de San Ignacio, Departamento de Cajamarca, Perú, es la única cantera en la ciudad que se encarga de distribuir los agregados a distintas obras ya sean municipales o privadas. Los agregados como la piedra ¾" y arena gruesa fueron trasladados a la ciudad de Trujillo debido a la ausencia de Laboratorio en San Ignacio.

Esta investigación consideró 3 especímenes con una mezcla asfáltica de 55% piedra y 45% arena, siendo los porcentajes de cemento asfáltico que se añadió 4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6%, así mismo se añadió fibra de nylon en 1%, 1.5%, 2% con contenido de asfalto, dando un total de 24 especímenes.

Los métodos para utilizar en el presente trabajo de investigación serán los ensayos referentes a la mezcla asfáltica, que serán desarrollados detalladamente, teniendo en cuenta lo establecido por la normativa ASTM, NTP y Manual de Laboratorio Ensayos Para Pavimentos Volumen I.

### A. Granulometría.

El ensayo de granulometría tiene como procedimiento manual o mecánico que permite separar los componentes del agregado por tamaño de modo que se conozca la proporción en peso de cada tamaño que contribuye al peso total. Para separar

por tamaño, se empleó mallas con diferentes aberturas, cada una de las cuales proporciona el tamaño de agregado más grande, como se describe a continuación:

- ✓ Se toma la muestra de 5 kg de agregado de grueso cuyo tamaño nominal es de ¾" según lo especificado en la tabla I de la NTP 400.012.
- ✓ Luego se zarandea la muestra echada en los tamices cubriendo todo lo de encima.
- ✓ Se realizan movimientos circulares durante un aproximado de 5 min.
- ✓ Se pesa la muestra retenida de cada tamiz.
- ✓ Se introducen los datos en un Excel y se procedió a determinar los porcentajes retenidos y los que pasan de cada malla.

TABLA I  
MÍNIMO DE MUESTRA DE AGREGADO GRUESO.

Tamaño máximo nominal abertura cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
Mm	(in)	Kg
9.500	(3/8)	1
12.500	(1/2)	2
19.000	(3/4)	5
25.000	(1)	10
37.500	(1 ½)	15
50.000	(2)	20
63.000	(2 ½)	35
75.000	(3)	60
90.000	(3 ½)	100
100.000	(4)	150
125.000	(5)	300

Requisitos mínimos del agregado grueso de la NTP 400.012 Análisis granulométrico de los agregados, para nuestra investigación a continuación se demostrará empíricamente en qué rango se encuentra.

### B. Peso específico y absorción del agregado grueso.

Este ensayo tiene como finalidad determinar las propiedades Marshall (densidad, porosidad de la mezcla asfáltica), conocer el peso específico y tasa de absorción utilizada en la construcción de la mezcla asfalto-concreto, así como la curva de saturación, porosidad y porosidad. del suelo gravo -arenoso, como se describe continuación.

- ✓ Se procede a lavar el agregado grueso.
- ✓ Llevar al horno a 110°C +/- 5°C por 24 horas.
- ✓ Luego se deja enfriar la muestra a temperatura apropiada de manipulación.
- ✓ Sumergir en agua por otras 24 horas y secar la muestra, para luego vaciar el agua.
- ✓ Se continua con pesar la muestra en la cesta de alambre y pasar la muestra nuevamente al horno por 24 horas repitiendo el mismo proceso hasta determinar el peso seco final.

- ✓ Y para finalizar se realizan los cálculos con las siguientes ecuaciones.

*Ecuación N° 1 Peso específico de la masa (Pem).*

$$Pem = \frac{A}{(B-C)} * 100 \quad (1)$$

*Ecuación N° 2 Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS).*

$$PeSSS = \frac{B}{(B-C)} * 100 \quad (2)$$

*Ecuación N° 3 Peso específico aparente (pea).*

$$Pea = \frac{A}{(A-C)} * 100 \quad (3)$$

*Ecuación N° 4 Absorción (Ab).*

$$Ab (\%) = \frac{B-A}{A} * 100 \quad (4)$$

Donde:

- A= Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr).
- B= Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS) en el aire (gr).
- C= Peso en el agua de la muestra saturada.

#### C. *Peso unitario de los agregados.*

Se realiza el pesaje del recipiente y el agregado llenándose a 3 capas para lo cual se dará 25 golpes con la varilla metálica por cada capa, se nivela el contenido y se pesa el recipiente con el agregado.

*Ecuación N° 5 Peso unitario del agregado.*

$$M = \frac{G-T}{V} \quad (5)$$

Donde:

- M = Peso Unitario del agregado en kg/m<sup>3</sup>.
- G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg.
- T = Peso del recipiente de medida en kg.
- V = Volumen de la medida en m<sup>3</sup>.

#### D. *Método de Marshall*

Esta prueba describe las propiedades que se deben seguir para determinar las propiedades Marshall de las mezclas asfálticas en caliente.

*Ecuación N° 6 Gravedad específica neta del agregado.*

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \quad (6)$$

Donde:

- $G_{sb}$  = Gravedad Específica neta del agregado total.
- $P_1, P_2, P_n$  , = Porcentajes individuales por masa de agregado.
- $G_1, G_2, G_n$  = Gravedad específica neta individual del agregado

*Ecuación N° 7 Gravedad específica de la mezcla asfáltica compactada.*

$$G_{mb} = \frac{W_a}{W_{ss} - W_w} \quad (7)$$

Donde:

- $W_a$  = Masa de la probeta en el aire.
- $W_w$  = Masa de la probeta en el agua.
- $W_{ss}$  = Masa en el aire de la probeta saturada y superficialmente seca.

*Ecuación N° 8 Gravedad específica de la mezcla asfáltica compactada.*

$$G_{mm} = \frac{A}{A + B - C} \quad (8)$$

Donde:

- $G_{mm}$  = Gravedad específica máximo de las muestras.
- A = Masa de la muestra seca, g.
- B = Masa del picnómetro con agua a 25°C, g.
- C = Masa del picnómetro con agua y muestra a 25°C, g.

*Ecuación N° 9 Gravedad específica neta del agregado.*

$$G_{mb} = \frac{W_a}{W_{ss} - W_w} \quad (9)$$

Donde:

- $W_a$  = Masa de la probeta en el aire.
- $W_w$  = Masa de la probeta en el agua.
- $W_{ss}$  = Masa en el aire de la probeta saturada y superficialmente seca.

*Ecuación N° 10 Porcentaje de vacíos en el agregado mineral.*

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad (10)$$

Donde:

VMA = Vacíos en el agregado mineral (porcentaje del volumen neto)  
 $G_{sb}$  = Gravedad específica neta del total de agregado.  
 $G_{mb}$  = Gravedad específica neta de la mezcla asfáltica compactada.  
 $P_s$  = Contenido de agregado, porcentaje del total de la masa de la mezcla asfáltica.

Ecuación N° 11 Porcentaje de vacíos de la mezcla compactada.

$$V_a = 100 - \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \quad (11)$$

Donde:  
 $V_a$  = Vacíos de aire en la mezcla compactada, porcentaje del volumen total.  
 $G_{mm}$  = Gravedad específica máxima de la mezcla asfáltica.  
 $G_{mb}$  = Gravedad específica neta de la mezcla asfáltica compactada.

Ecuación N° 12 Porcentaje de vacíos VFA.

$$VFA = 100 - \frac{VMA - V_a}{VMA} \quad (12)$$

Donde:  
VFA = Vacíos llenados con asfalto, porcentaje de VMA.  
VMA = Vacíos en el agregado mineral, porcentaje del volumen total.  
 $V_a$  = Vacíos de aire en mezclas compactadas, porcentaje del volumen total.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### A. MÉTODO DE MARSHALL.

TABLA II  
RESULTADOS PROMEDIO DEL ASFALTO TRADICIONAL

Característica del Ensayo Marshall	Asfalto Tradicional Promedio.				
Nro. de Golpes	75				
% de Cemento Asfáltico	4.0%	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
Densidad Seco Bulk (gr/cm <sup>3</sup> )	2.335	2.337	2.318	2.304	2.276
Vacíos (%)	4.163	3.948	4.044	3.928	4.423

V.M.A.(%)	12.610	13.498	14.650	15.600	17.066
V.F.A.(%)	67.278	70.895	72.521	74.984	74.087
Flujo (mm)	6.240	7.770	9.800	7.230	5.233
Estabilidad (Kn)	5.717	8.037	9.143	7.867	5.430

Se detalla el resumen del ensayo de Marshall para un asfalto tradicional promedio sin fibra de nylon.

TABLA III  
RESULTADOS PROMEDIO CON FIBRA DE NYLON.

Característica del Ensayo Marshall.	Asfalto Tradicional con 1.00% de Fibra de Nylon.	Asfalto Tradicional con 1.50% de Fibra de Nylon.	Asfalto Tradicional con 2.00% de Fibra de Nylon.
Nro. de Golpes	75	75	75
%Cemento Asfáltico	5.00%	5.00%	5.00%
Densidad Seco Bulk (gr/cm <sup>3</sup> )	2.324	2.32	2.324
Vacíos (%)	3.781	3.975	3.809
V.M.A.(%)	14.417	14.589	14.442
V.F.A.(%)	73.837	72.807	73.856
Flujo (mm)	9.627	10.247	11.06
Estabilidad (Kn)	9.48	10.193	11.087

Hace alusión al resumen del ensayo de Marshall para un asfalto tradicional promedio con fibra de nylon.  
En el gráfico N° 1 se compara el flujo de distintos porcentajes de fibra de nylon utilizado en la mezcla asfáltica después de utilizar la prensa Marshall.

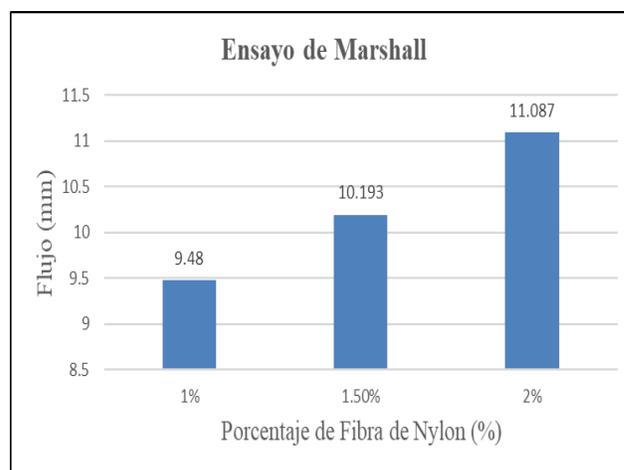


Gráfico 01: Comparación de los flujos a distintos porcentajes.

En el gráfico N° 2 se compara la estabilidad de distintos porcentajes de fibra de nylon utilizado en la mezcla asfáltica después de utilizar la prensa Marshall.

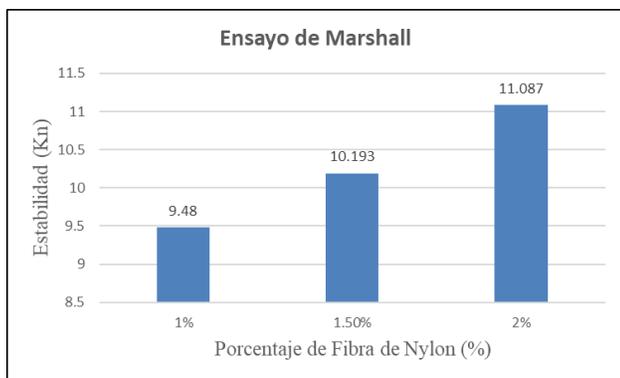


Gráfico 02: Comparación de las estabilidades a distintos porcentajes.

Buitrago S. & Onofre, N. (2017) en su trabajo de investigación “Viabilidad técnica de obtención de un diseño de mezcla asfáltica adicionada con 1.6% de fibra de pet, con porcentajes de asfalto entre el 4.5% y el 6%, que cumpla con la normativa Invias”, nos muestra resultados con un C.A. óptimo para una mezcla asfáltica de 5.6% y 1.6% de fibra de nylon, teniendo así los resultados de estabilidad de 20.70 Kn, con un flujo de 6.052mm y el porcentaje de vacío de aire de 3.355% con 75 golpes de compactación por ambas caras de la briqueta, en nuestra investigación se obtuvo como cemento asfáltico óptimo del 5.0% y 2.00% de fibra de nylon, teniendo así como resultados de estabilidad del 11.087 Kn, con un flujo de 11.06 y un porcentaje de vacíos de 3.809%.

Castillo, J. (2021) en su investigación “Estudio del comportamiento físico – mecánico de una mezcla asfáltica modificada con desechos de nylon y ceniza volantes”, tienen como resultados para una fibra de nylon de 0.15% una estabilidad de 4.36 Kn, un flujo de 3.01 mm y para el porcentaje de vacíos de 1.85%. En comparación de nuestra investigación se puede apreciar que al añadir hasta un 2.00% de fibra de nylon en una mezcla asfáltica se puede obtener resultados positivos y cumpliendo con la normativa del MTC E 504 – Requisitos para mezcla de concreto bituminoso.

#### IV. CONCLUSIONES

La presente investigación tiene como proporción óptima de agregados para el asfalto tradicional de 55% de grava de 3/4" y 45% de arena, siendo esta la proporción que contiene menor cantidad de vacíos, con la cual se pudo realizar la dosificación adecuada para la mezcla asfáltica, estableciéndose que con un 5% de asfalto (60g.), grava de 627gr. y por último arena con 513 gr para tener una mayor mejora en los parámetros del asfalto tales como: ESTABILIDAD DE LA MEZCLA, PORCENTAJE DE FLUJO Y PORCENTAJE DE VACIOS.

Se pudo comparar que con respecto a un asfalto tradicional. el asfalto con adición de fibra de Nylon se obtiene una mejora en la ESTABILIDAD DE LA MEZCLA, PORCENTAJE DE FLUJO Y PORCENTAJE DE VACIOS. Al añadir un 2% en la mezcla. En el asfalto tradicional se obtuvo un 9.143 Kn, en la estabilidad, en comparación con la adición óptima de fibra de nylon con 11.087 Kn. en el porcentaje de flujo en el tradicional se obtuvo 9.800 mm, mientras que el que incluye fibra de nylon es de 11.060 mm y por último en el porcentaje de vacíos en el tradicional fue de 4.044% y el que incluye fibra de nylon es de 3.809%. obteniéndose una mejora en todos los parámetros del asfalto.

#### REFERENCIAS

- [1] Aliaga, (2017). “Aplicación del caucho reciclado para la mejora de las propiedades de la carpeta asfáltica en pavimentación de la Av. Bertello, Santa Rosa, Lima 2017” (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú.
- [2] Fernández, Morales y Soto, (2016). “Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS, para edades mayores que 28 días” (Tesis de pregrado). Universidad de Carabobo, Venezuela.
- [3] Flores y Flores, (2020). “Influencia de los aditivos con enzimas orgánicas Terrasil y Perma Zyme para la estabilización de la subrasante de una carretera no pavimentada, mache Otuzco, La Libertad 2019” (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte.
- [4] Goigochea, (2019). “Estudio de un asfalto con adición de caucho de neumático reciclado como polímero base, chachapoyas – Amazonas - 2017” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú.
- [5] Jhosser, Gonzalo & Carlos, (2017). “Comparación del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltico tipo MDC-19 adicionada con fibras de Terlenka y una mezcla asfáltica convencional” (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Colombia.
- [6] Juan & Jesus, (2019). “Mejoramiento de mezcla asfálticas porosas a través de la incorporación de fibras de nylon y polipropileno” (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Colombia.
- [7] Juan, (2021). “Estudio del comportamiento físico-mecánico de una mezcla asfáltica modificada con desechos de nylon y ceniza volantes” (Tesis de pregrado). Universidad Santo Tomás, Colombia.
- [8] Juan, (2021). “Influencia del Polvo de neumático en una mezcla asfáltica por vía seca para vías locales con pavimento flexible” (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Perú.
- [9] Lozano y Tabares, (2005). “Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía acceso al barrio ciudadela del café – vía la badea” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- [10] Nestor & Carlos, (2015). “Perfiles de Ingeniería” (Revista). Universidad Ricardo Palma, Perú.
- [11] Rodríguez & Rodríguez, (2005). “Reutilización de pavimentos asfálticos reciclados en frío, como alternativa para la construcción de vías provisionales en asentamientos humanos en la ciudad de Lima – Perú” (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Perú.
- [12] Safiqur & Khadeeja, (2008). “Three – dimensional finite element model for flexible pavement analyses base don field modulus measurement” (Revista). Arabian Journal for Science and Engineering, Chile.
- [13] Valverde, D. E., (2019). “Caracterización piezoresistiva de hormigón reforzado con fibras de carbono reciclado con aplicaciones autosensoriales” (Tesis de posgrado). Escola de Camins, España.
- [14] Vanegas, J. (2016), en su trabajo de investigación titulado “Caracterización mecánica de una mezcla asfáltico modificada con fibras sintéticas”.
- [15] Vega, (2016). “Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo

- del pavimento asfáltico” (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- [16] Villagaray, (2017). “Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la Avenida TrapicheComas (Remanso) 2017” (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú.
- [17] Valverde, D. E. (2019). “Caracterización piezoresistiva de hormigón reforzado con fibras de carbono reciclado con aplicaciones Autosensoriales” (Tesis de posgrado). Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- [18] J. Mancebo (2015). “Riesgos en asfaltado de carreteras: Riesgos higiénicos y ergonómicos” (Tesis de posgrado). Universidad de Zaragoza, España.
- [19] Norma Técnica Peruana (2014). “Especificaciones para agregados en concreto” (NTP 400.037.2014).
- [20] Garnica (2004). “Conceptos mecanicistas en pavimentos” (Tesis de posgrado). Instituto Mexicano del Transporte, México
- [21] Buitrago S. & Onofre, N. (2017) “Viabilidad técnica de obtención de un diseño de mezcla asfáltica adicionada con 1.6% de fibra de pet, con porcentajes de asfalto entre el 4.5% y el 6%, que cumpla con la normativa Invias”, Universidad Corporativa de Colombia.
- [22] Bassam M. (2008) Arabian Journal for Science And Engineering