



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Mezclas asfálticas modificadas con cenizas orgánicas e inorgánicas
para mejorar las propiedades físicas/mecánicas**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

Bachiller en Ingeniería Civil

AUTOR:

Amao Eslachin, Victor Raul (orcid.org/0000-0003-0764-5939)

ASESOR:

Dr. Choque Flores, Leopoldo (orcid.org/0000-0003-0914-7159)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA - PERÚ

2024



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CHOQUE FLORES LEOPOLDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulado: "Mezclas asfálticas modificadas con cenizas orgánicas e inorgánicas para mejorar las propiedades físicas/mecánicas", cuyo autor es AMAO ESLACHIN VICTOR RAUL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13%, 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 el Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 20 de Julio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CHOQUE FLORES LEOPOLDO DNI: 42289035 ORCID: 0000-0003-0914-7159	Firmado electrónicamente por: LCHOQUEF el 20-07- 2024 13:42:28

Código documento Trilce: TRI - 0825221



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, AMAO ESLACHIN VICTOR RAUL estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado: "Mezclas asfálticas modificadas con cenizas orgánicas e inorgánicas para mejorar las propiedades físicas/mecánicas", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación:

1. No ha sido plagiado 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 publicado, ni presentado 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
AMAO ESLACHIN VICTOR RAUL DNI: 75460556 ORCID: 0000-0003-0764-5939	Firmado electrónicamente por: VAMAEOE el 23-07-2024 21:23:06

Código documento Trilce: INV - 1685490

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	ii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	3
III. RESULTADOS (DISCUSIÓN).....	6
IV. CONCLUSIONES.....	18
V. RECOMENDACIONES.....	19
REFERENCIAS.....	20
ANEXOS.....	27

RESUMEN

Contexto: Alrededor del mundo, como en el continente africano, asiático y americano se han estado desarrollando y planteando nuevas técnicas de cómo mejorar las propiedades físicas – mecánicas de las mezclas asfálticas, por lo cual diseñar mezclas bituminosas con el fin de proveer los daños que ocasionan el tráfico y el cambio climático drástico se ha convertido en la prioridad de ingenieros de carreteras, todo con respecto a ampliar la vida de servicio y durabilidad del asfalto.

Método: De acuerdo a esta necesidad se ha elaborado una búsqueda para analizar toda información e conocimientos sobre cenizas orgánicas e inorgánicas que fue usado como una alternativa para mejorar las características de la mezcla asfáltica, llevando así que los resultados conseguidos en base a la recopilación de información en fuentes indexadas y confiables durante los últimos 5 años utilizando palabras claves como: cenizas en asfaltos, mezclas asfálticas, cenizas en mezclas asfálticas.

Resultados: Las propiedades de las mezclas asfálticas en caliente con un diseño convencional en la actualidad ya no tienen las características de poder soportar los fenómenos producidos por el clima y los diversos factores de tráfico, es por ello que existen mezclas bituminosas modificadas con cenizas que mejoran sus propiedades físicas y mecánicas en hasta un 50% siendo en este caso que las cenizas influyen de una manera significativa en las características de la estabilidad, flujo, resistencia al daño por humedad, viscosidad, reducción de porcentajes de vacíos, flexibilidad, resistencia al deslizamiento, trabajabilidad y fatiga.

Conclusiones: Con respecto a la información recopilada más o menos 54 de los artículos seleccionados sobre cenizas orgánicas e inorgánicas, se concluye que las cenizas tienen efectos positivos en las propiedades de la mezcla asfáltica.

Palabras Clave: Mezclas bituminosa, Resistencia al daño por humedad, Fatiga.

ABSTRACT

Context: Around the world, such as in the African, Asian and American continents, new techniques have been developed and proposed on how to improve the physical mechanical properties of asphalt mixtures, therefore designing bituminous mixtures in order to provide the damages that caused by traffic and drastic climate change has become the priority of highway engineers, all with respect to extending the service life and durability of asphalt.

Method: According to this need, a search has been developed to analyze all information and knowledge about organic and inorganic ashes that was used as an alternative to improve the characteristics of the asphalt mixture, thus leading to the results achieved based on the compilation of information in indexed and reliable sources during the last 5 years using keywords such as: ashes in asphalt, asphalt mixtures, ashes in asphalt mixtures.

Results: The properties of hot asphalt mixes with a conventional design currently no longer have the characteristics of being able to withstand the phenomena produced by the climate and the various traffic factors, which is why there are bituminous mixtures modified with ashes that improve its physical and mechanical properties by up to 50%, being in this case that the ashes significantly influence the characteristics of stability, flow, resistance to damage by humidity, viscosity, reduction of void percentages, flexibility, slip resistance , workability and fatigue.

Conclusions: With respect to the information collected from more or less 54 of the selected articles on organic and inorganic ashes, it is concluded that ashes have positive effects on the properties of the asphalt mixture.

Keywords: Bituminous mixtures, Resistance to moisture damage, Fatigue.

I. INTRODUCCIÓN

En distintas partes del mundo se han venido planteando y desarrollando nuevas ideas que proporcionan una mejora de la mezcla asfáltica que constituye la carpeta de rodadura, de tal manera que se pueda establecer con la infraestructura vial de acuerdo con las necesidades del manual de diseño de carreteras, por lo que el empleo de nuevos materiales, procesos y técnicas para el desempeño de una mezcla asfáltica convencional en caliente, son opciones que en la actualidad aumento el tema investigativo.

Se conoce que en todas partes del mundo la mezcla bituminosa se utiliza normalmente en carreteras y pista de aeropuertos esto debido a que se somete a cargas, además el asfalto no posee la característica de soportar esfuerzos a tracción, conllevando a producir grietas en el pavimento flexible y se determina como una mezcla pétreo de áridos con ligante asfalto común sin poder cumplir su rol ingenieril **(Oyedepo et al. 2021, p. 310)**.

De esta manera, el país Costa Rica; el principal problema que enfrenta el asfalto es el deterioro causado por la humedad, debido a su clima lluvioso que perpetua durante 6 meses al año, esta humedad permanente lo convierte en un clima tropical. A raíz de este problema climatológico las razones de mejorar las vías conectoras del país son de importancia primaria, uno de los factores que provocan las fallas prematuras visibles en el pavimento previo a cumplir su vida de uso; es la energía superficial constante y la adhesividad entre los áridos **(Kikut et al. 2020, p. 13)**.

Por otro lado, en Jordania los problemas climáticos han provocado una humedad que reduce la durabilidad del pavimento, provocando que el asfalto se debilite y destruyendo las uniones que existen entre el asfalto y el árido. Además, el debilitamiento del asfalto estimula una pérdida de cohesión, lo que lleva a la separación del asfalto. Se conoce también que la humedad origina un problema en la mezcla asfáltica elevando su saturación y provocando una hinchazón que finalmente termina desprendiéndose de su estado inicial a escombros de pavimento. **(Haddad y Khedaymi 2023, p. 141)**.

Asimismo, en Nigeria los ingenieros y especialistas recurren en realizar investigaciones con el fin de mejorar la vida útil y la durabilidad del asfalto, lo que aplicar una técnica bien conocida que es combinar agregados con aglutinante asfáltico y aplicar presión atemperada ya no hace efecto en la durabilidad del pavimento, de esta forma el relleno mineral cumple un papel importante en la fabricación de la mezcla asfáltica, lo que contribuye en endurecer y resistir las presiones de corte sobre el pavimento (**Aladegboye et al. 2022**).

En Lima, debido al aumento de la población, el volumen de tránsito y el peso de los vehículos, las vías han sufrido un deterioro considerable, afectando al pavimento con la baja resistencia de sus propiedades mecánicas, así como; la firmeza, el flujo, la capacidad resistente contra el daño por humedad y el ahuellamiento constante, en consecuencia a ello modificar el diseño de la mezcla bituminosa con cenizas orgánicas podría ser una salida a la carencia que padece el pavimento flexible, cabe decir que existen ciertas cenizas que contienen cualidades puzolánicas. **Adauto (2019, p. 8)**.

En el departamento de Apurímac existe un aumento exponencial de las carreteras deterioradas debido a las distintas causas siendo una de ellas el incremento de tráfico vehicular en las zonas céntricas, el aumento poblacional y los cambios climáticos tempranos, tal así que la infraestructura vial se somete al uso constante y la construcción del pavimento es de total urgencia, como de costumbre utilizando la mezcla asfáltica convencional, es por eso que la falta de investigación nos da por conocer que existen nuevas técnicas, métodos y materiales para mejorar las propiedades físico/mecánicas de la mezcla asfáltica. El **objetivo general** planteado para esta revisión bibliográfica es: Evaluar la influencia de la adición de los modificadores orgánicos e inorgánicos en las propiedades físicas – mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente. Así como también los objetivos específicos planteados son, **objetivo específico 1**: Determinar la influencia de los modificadores orgánicos e inorgánicos en las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente, **objetivo específico 2**: Determinar la influencia de los modificadores orgánicos e inorgánicos en las propiedades físicas de la mezcla asfáltica.

II. METODOLOGÍA

El presente documento de artículo de revisión literaria se expone a **nivel descriptivo**, basado en fuentes documentadas, por siguiente se trató con una sinterización de recolección y análisis de datos para utilizar las interrogantes de esta investigación o hallar nuevas interrogantes en el desarrollo de las interpretaciones de los resultados ya obtenidos.

De esta manera se puede garantizar la confiabilidad mediante estudios que fueron realizados y que sirva como alternativa para aumentar la validez de las incógnitas definidas e identificar interrogantes, para la evaluar su relevancia se tuvo en cuenta criterios de inclusión y selección.

Para la búsqueda de artículos científicos se realizó minuciosamente, y esto se vio con fuentes que tienen prestigio académico, de la cual se han seleccionado revistas indexadas y publicadas en Web of Science y Scopus en donde solo se seleccionaron artículos con antigüedad de 5 años, y que su periodo de publicación fueron entre los años 2019 y 2023. Al realizar la búsqueda se obtuvo un total de 1137 artículos y que para afinar su importancia se aplicaron filtros en los siguientes campos: Scopus: "Ingeniería", "ciencia de materiales", ciencia medioambiental, ciencias de la tierra y planetaria, ingeniería química, ciencias agrícolas y biológicas y Web of Sciencia: "Ingenieria civil", Tecnología de la construcción" transporte ambientales, ciencias ambientales y la palabra como: ash for pavement (cenizas en asfalto), ashphalt mix (mezclas asfálticas). Para obtener una satisfactoria comprensión de los artículos revisados, se induce palabras clave para así detallar la información requerida, así mismo se detalla en las siguientes tablas.

TABLA I: Numero de articulo relacionados con la siguiente palabra clave.

PALABRA CLAVE KEY WORD	SCOPUS	WEB OF SCIENCE
ASPHALT MIXTURES	21,017	7,147

ASH FOR PAVEMENT	2,579	1,229
------------------	-------	-------

Tabla II: Resultados de la búsqueda con filtros para “*Ashphalt mixtures*”

Base de datos	Resultados de búsqueda	Filtros aplicados		N° de resultados obtenidos	N° de artículos elegidos
		AÑO	CIENCIA		
Scopus	21,017	2019-2023	"Ingeniería" "Ciencias de los materiales" "Ciencia medioambiental"	8,520	11
Web of science	7,147	2019-2023	"Ingeniería" "Ciencias de los materiales" "Tecnología de construcción" "Ciencias ambientales ecología" "Transporte" "Ciencias de los polímeros" "Ciencia tecnología de otros temas"	6,954	8

Tabla III: Resultados de la búsqueda con filtro para “Ash for pavement”

Base de datos	Resultados de búsqueda	Filtros aplicados		N° de resultados obtenidos	N° de artículos elegidos
		AÑO	CIENCIA		
Scopus	2,579	2019-2023	"Ingeniería" "Ciencias de los materiales" "Ciencia medioambiental"	1.046	16
Web of science	1,229	2019-2023	"Ingeniería" "Ciencias de los materiales" "Tecnología de construcción" "Ciencias ambientales ecología" "Transporte" "Ciencias de los polímeros" "Ciencia tecnología de otros temas"	1,201	18

Los resultados seleccionados se dieron a partir de un esquema informativo relacionado con el tema a investigar, de lo cual se tuvo que considerar criterios de selección para que la información sea relevante y conveniente. Tal así se muestra los criterios de selección en la tabla I y II, solo se optaron artículos relacionados al tema de estudio.

En la siguiente sección se detalla la distribución de artículos citados para referirnos a una mejor comprensión de cómo se clasifico la información de las bases de datos “Scopus”, “Web of science” por el año de publicación, así también se estimó un total de 64 articulo seleccionados y relacionado con el uso de modificadores orgánicos e inorgánicos para las propiedades físicas/mecánicas de la mezcla asfáltica. Tal como se demuestra en la Tabla III.

Tabla IV: Distribución de artículos en función al año y base de datos

Base de datos	AÑO DE PUBLICACION					TOTAL
	2019	2020	2021	2022	2023	
Scopus	5	4	4	7	8	28
Web of science	2	5	4	5	10	26
Total	7	9	8	12	18	54

III. RESULTADOS (DISCUSIÓN)

Min, et al., (2023) en su artículo con título *“prepaton scheme optimization of thermosetting polyurethane modified asphalt”* no dice que para resolver el problema de la mala estabilidad termica de un asfalto modificado convencional utiliza el poliuretano (PU). Y para evaluar las propiedades mecánicas de la mezcla, se ensaya la muestra con la prueba de tensión y tracción, concluyendo que el contenido de poliuretano tiene efectos significativos sobre la resistencia a la tracción, al inducir un porcentaje de 56,64% y un contenido de agente de curado

a 3.58%, la mezcla y el asfalto modificado tiene alta resistencia y capacidad a la deformación plástica, así mismo la mezcla asfáltica modificada rinde más a la tracción, un rendimiento a baja temperaturas y a la estabilidad al agua.

Diyar, et al., (2023) en su artículo denominado *“Performance of hot-mix asphalt using polymer-modified bitumen and marble dust as a filler”* nos informa que utiliza el polvo de mármol proveniente de la industria de corte de mármol, de la cual este aditivo se utiliza como sustituto de la carga mineral de la mezcla asfáltica en caliente. Por lo cual utiliza el diseño de mezcla Marshall para determinar el contenido óptimo de betún para todas las mezclas. Manipulando cuatro porcentajes de polvo de mármol (0%,2%,4% y 6%) en peso total de agregados, así mismo los resultados de la prueba de estabilidad Marshall demuestran que el contenido óptimo de polvo de mármol es de 4%, así mismo el polvo de mármol aumenta la estabilidad Marshall, la resistencia al ahuellamiento y la deformación permanente y aumenta la vida útil de las mezclas asfálticas, además a medida que se aumente el porcentaje de polvo de mármol, reduce la vida por fatiga, aumenta la resistencia a la rodadura y la rigidez a altas temperaturas.

Hussain, et al., (2023) en su artículo titulado *“Performance of SMA Mix modified with waste plastic and fiber”* nos mencionan que estudian la influencia de las fibras de desecho como estabilizador y los residuos de polietileno reciclado como modificador asfáltico en la mezcla asfáltica Stone Mastic (SMA). Utilizaron dos categorías de mezclas, mezclas base y modificadas; con 3 mezclas diferentes en cada categoría, también manifiesta que uso fibras recicladas de celulosa y yute como materiales estabilizantes de la mezcla asfáltica (SMA). Los resultados demuestran que la adición de polietileno reciclado y fibras recicladas mejora la capacidad de las mezclas para retener el asfalto y el material fino, obteniendo así que resuelve el problema de drenaje en un 81,43%. Por otro lado, al agregar polietileno reciclado como modificador del asfalto mejora la resistencia a la humedad y al ahuellamiento en un 47,5% y 93%.

Según **Tacettin, et al., (2023)** en su artículo denominado *“Laboratory evaluation of oak ash waste for use in hot mix asphalt modification”* investiga el efecto de ceniza de roble (OE) sobre las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en

caliente (HMA), que a su vez se determina el contenido óptimo de asfalto de las mezclas según el método de diseño de mezcla Marshall utilizando agregado y asfalto puro. Con respecto a esta premisa, se hicieron muestras de mezcla en caliente modificada pura y con ceniza de roble agregado en (1%, 2%, 4% y 6%) en peso del asfalto. Las muestras se sometieron a pruebas de estabilidad Marshall, resistencia a la tracción indirecta (ITS), daño por humedad, modulo de rigidez a la tracción indirecta (ITSM), fluencia estática- dinámico y calorías. Los resultados fueron que el aditivo mejora todas las propiedades mecánicas de las mezclas, en especial la resistencia a la deformación permanente a altas temperaturas y se considera que el uso de la ceniza de roble en un 2% en la mezcla puede incrementar la resistencia del pavimento contra el deterioro.

Según **Tilahun, et al., (2023)** en su artículo titulado *“Un estudio de laboratorio sobre la influencia de los rellenos de ceniza de cascarilla de café y cenizas de escoria en el rendimiento de mezclas de hormigón bituminoso”* nos mencionan que investigaron la influencia de la ceniza de cascarilla de café como relleno en mezclas de concreto asfáltico bituminoso que contienen polvo de piedra basáltica (BSD), ceniza de escoria (SA) y ceniza de cascarilla de café (CHA). Se evaluaron el desempeño de las mezclas sobre las propiedades mecánicas y para ello la estabilidad Marshall, flujo, propiedades volumétricas, resistencia a la indirecta. Se prepararon 45 muestras con polvo de piedra basáltica, ceniza de escoria y ceniza de cascarilla como relleno en porcentajes de 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%. En los resultados se obtuvo que los modificadores tienen parámetros satisfactorios en la prueba Marshall y brindan mejoras en la resistencia a la humedad. La estabilidad Marshall para CHA, SA, BSD fueron de 10.25 kN, 14.58 kN y 14.60 kN, y satisfacen al valor límite de 8.0 kN la resistencia a la tracción fue de 100%, 95.96% y 89.50%, respectivamente de lo que el valor mínimo es de 80%.

Ahmed Y Sandeep, (2023) en su artículo denominado *“Experimental Investigation of Coconut Shell Charcoal Ash in Bituminous Concrete”* nos mencionan que se utiliza la ceniza de carbón de cascara de coco como relleno en un pavimento flexible, ya que la ceniza de carbón contiene propiedades de

absorción, peso ligero, resistencia a la congelación y resistencia al aplastamiento. En el estudio se hizo uso de la prueba de estabilidad Marshall, estabilidad, valor de flujo, VMA y la relación de vacíos. Los resultados de la estabilidad y flujo aumentaron, la relación de vacíos y VMA disminuyen. Se ha hecho uso de los porcentajes de 1%,1.5%,2%,2.5% y 3% para realizar las pruebas.

Endashaw, (2023) en su artículo científico titulado "*Influence of Corn Cob Ash as a Filler Material in Asphalt Concrete Mixes*" nos menciona que evalúa la influencia de la ceniza de mazorca de maíz como relleno en mezclas de hormigón asfáltico para conocer sus propiedades mecánicas, así como la estabilidad Marshall, flujo, las propiedades volumétricas y la resistencia a la tracción indirecta, para carreteras con tráfico pesado. En el ensayo se fabricaron 30 muestras con polvo de piedra basáltica y ceniza de mazorca de maíz como relleno, y con un contenido de betún de 3.5%, 4.0%, 4.5%, 5.0% y 5.5%. Los resultados obtenidos es que ambos aditivos si dieron respuestas satisfactorias, teniendo así que, si resultan resistentes a efectos de la humedad, a su vez se determina el contenido de polvo de piedra basáltica y ceniza de mazorca de maíz que es de 4.69% y 4.86%, respectivamente. El valor de estabilidad Marshall es de 11.4kN y 10.9 kN y el índice de la resistencia a la tracción indirecta (TSR) es de 93.71% para el polvo de piedra basáltica 97.04% de la ceniza de mazorca de maíz.

Según **Mirabdolazimi, et al.,(2021)**, en su artículo de investigación denominada "*New achievement in moisture sensitivity of a nanosilica modified asphalt mixture with a combined effect of bitumen type and traffic conditions*" argumenta que el daño por humedad es problema crítico de los pavimentos asfálticos, es por ello que investigaron el uso de nanosilice para mejorar las propiedades de diferentes betunes y aumentar la resistencia a la humedad de las mezclas asfálticas. Modificaron dos tipos de betún (grados de pluma 60/70 y 85/100) con destinitos porcentajes de nanosilice (0, 0.2, 0.4, 0.7 y 0.9% por el peso del betún) y se hizo pruebas físicas y reológicas. Los resultados fueron que la nanosilice mejora la sensibilidad a la humedad de las mezclas asfálticas con betunes de grado 60/70 y 85/100.

Yashir, et al., (2021), en su artículo titulado “*The effect of animal bone ash on the mechanical properties of asphalt concrete*” su investigación consideraron como objetivo mejorar la resistencia del hormigón asfáltica añadiendo a la mezcla hueso de animal triturado después de haber carbonizado a una temperatura de 800 °C, se realizaron 7 porcentaje diferentes de (10,20,30,40,50,60 y 100%) de hueso de animal. Para conocer sus propiedades se realizan los ensayos de estabilidad Marshall, valor de flujo, porcentajes de huecos de aire, porcentaje de huecos llenos con asfalto y la gravedad específica teórica máxima. Los resultados obtenidos es que la estabilidad máxima es de 14.85 KN y eso se logra alcanzar cuando se adiciona el 20% de hueso como reemplazo de relleno mineral. En general existen algunas mejoras en las propiedades físicas del concreto asfáltico con ceniza de hueso de animales.

Según **Mahmoudi, et al.,(2021)**, en su artículo que lleva como título “*The effect of rice husk ash and gilsonite on the properties of concrete pavement*” con relación a efecto de la susceptibilidad térmica del pavimento se investiga las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica con adición de Rice Husk ash (RHA) y gilsonita; para ello, se modifica el cemento de hormigón con 10,15 y 20% de ceniza de cascara de arroz y 5, 7, y 9% de gilsonita por el peso del cemento de hormigón y como relleno. Al ser sometido a ensayos de resistencia a la flexión, resistencia a la rotura por tracción, resistencia a la comprensión y abrasión, resulta que al combinar ambos modificadores reduce la resistencia a la comprensión, sin embargo en la resistencia a la rotura y flexión aumentan en un 4 y 7%, en la prueba de abrasión se demuestra que en las combinaciones que tenían 10% de RHA y 5% de gilsonita aumentaron en un 15%.

Alaaeldin, et al.,(2023) en su artículo denominando “*Enhancing asphalt properties with rice husk ash and analyzing its mixture performance using response surface methodology*” en la investigación se estudia el impacto que tiene la ceniza de cascara de arroz (CCA) en las propiedades físicas del ligante asfáltico donde se incluye los parámetros como la penetración, viscosidad, ductilidad. Así mismo es sometido a las pruebas de estabilidad Marshall, flujo y resistencia a la tracción indirecta (ITS). Finalmente, se observan cambios significativos en el flujo,

estabilidad y ITS, también que para lograr estos cambios que benefician a la mezcla asfáltica se deben usar el 7.6% de (CCA) y 5.3% de asfalto.

Zhen, et al., (2020) en su artículo titulado “*Studying the Properties of SBS/Rice Husk Ash-Modified Asphalt Binder and Mixture*” con el fin de mejorar las características del rendimiento de las mezclas asfálticas se utiliza la ceniza de cascara de arroz con pequeñas dosis de estireno-butadieno-estireno (SBS) como bioaditivo en el asfalto. Se añaden porciones de (0%, 2%, 5%, 10% y 15%) de ceniza de cascara de arroz (RHA) y 1% de SBS y para evaluar las propiedades del ligante asfáltico se realizan las pruebas de ahuellamiento, susceptibilidad a la humedad y agrietamiento a baja temperatura, de la cual los ensayos brindan resultados de que la mezcla asfáltica modificada con RHA y SBS tiene un mejor desempeño a altas temperaturas, pero una baja estabilidad a la humedad siendo así que la cantidad óptima de RHA no debe ser superior al 15%.

Sohel, et al., (2021) en su artículo titulado “*Analyzing the effect of waste jarosite as an alternative filler on the engineering properties of asphalt mixes*” la extracción de zinc ha generado una componente llamada jarosita (JS) de la cual como idea innovadora se utiliza este producto como parte del relleno mineral en una mezcla asfáltica, que para evaluar el desempeño del hormigón asfáltico se estudiaron se usa la prueba de resistencia a la tracción indirecta, de rodadura, de cántabro, módulo de resiliencia y pruebas de Lottman modificado. Siendo de esta de manera que utilizar el 17, 25 y 27% ha provocado cambios convenientes, así como mejorar la resistencia a la humedad y la vida a la fatiga disminuyó relativamente.

Wibowo, et al., (2021) en su artículo “*The effect of pulp cane ash filler and concrete waste as replacement of coarse aggregate to the marshall characteristic on asphalt concrete mixtures*” el incremento de la población se ve reflejado con las construcciones de edificios y carreteras, es la razón de la necesidad de incrementar el desarrollo en el pavimento flexibles utilizando ceniza de bagazo como relleno mineral, que para demostrar su efecto se ha usado el método de Marshall. El uso de esta ceniza se ha empleado en porciones de 0%, 5%, 10% y 15% en la mezcla asfáltica resultando que efectivamente los valores de estabilidad mejoro junto con el flujo.

Alsadik, et al., (2023) en su artículo titulado “*Investigation of the influence of recycled organic materials as a filler on the performance of hot mix asphalt*” en muchos países el pavimento flexible a sido una de las tendencias por la cual los países están en constante desarrollo, es por ello que mejorar las características que permitan una larga duración de uso ha sido una situación de debate, ya que debido a las cargas excesivas de tráfico y el mantenimiento ineficiente a acumulado fallas. Tal es el propósito que emplear productos orgánicos como la semilla de dátil en porcentajes de (4%, 7% y 10%) como relleno en la mezcla puede ser una salida conveniente para solucionar el problema de las patologías que el pavimento presenta.

Youwei, et al., (2023) en su artículo titulado “*Factors affecting the properties of PCB-Modified asphalt*” menciona que la protección ambiental a echo que usar la pirolisis de llantas de desecho como parte de una mezcla asfáltica con el fin de evaluar su efecto en las propiedades físicas del aglutinante asfáltico, de esta manera dar una solución a la reducción económica en la fabricación de pavimentos y contribución en la disminución del factor climático.

Chaira y Bambang, (2023) en su artículo denominado “*Performance evaluation of asphalt concrete wearing coarse with a mixture of coal fly ash and brick powder as filler*” sostienen que el uso de vehículos públicos y privados ha aumentado de forma exponencialmente conllevando a que las carreteras también se amplíen, provocando una escasez de los materiales y que los daños en las vías aumenten continuamente, como parte de la solución para poder evitar las disminución de los agregados se utiliza las cenizas volantes de carbon y polvo de ladrillo como un alternativa en el relleno de cemento de un asfalto de 60/70. Los comportamientos de la mezcla asfáltica se evalúan con el método marshal asimismo verificar si estos componentes implementados en los especímenes cumplen con los parámetros volumétricos de agregados.

Veranita, et al., (2023) en su artículo titulado “*Study of marshall characteristic on asphalt mixture with addition of periwinkle shell as a substitute of filler*” indican que las carreteras debido a su diseño de construcción están sujetas a que garanticen una suficiente capacidad de carga y durabilidad, no obstante a ello la industria que se dedica a triturar la piedra no llega a satisfacer la demanda, es por tal motivo que se emplean relleno alternativos a partir de recursos naturales, siendo esta la concha de bígara, ya que en las industrias alimenticias desechan las cascara sin tener un segundo uso. Los autores de este estudio mencionan que usar la ceniza de la cascara de bígara puede reemplazar el filler ya que tiene el mismo contenido químico que la del cemento.

Jun, et al., (2023) en su artículo “The influence of mesoscopic characteristics of mineral powders fillers on the rutting factor ($g^*/\sin\delta$) of asphalt mortar” manifiestan que las características mesoscópicas de los agregados pueden ser una de los factores por la cual los vacíos en la mezcla asfáltica exponen a que el asfalto sufra deficiencias, donde se ha evaluado la ceniza de roca asfáltica buton (BRA) con un tamaño menor a 0.075 mm, concordando con el polvo mineral convencional. Este material tiene la característica que reemplaza al polvo mineral, esto se halló con el ensayo de corte dinámico ya que las partículas de BRA tiene formas complejas y rugosas lo que beneficia en la formación del asfalto estructural, como también en el factor de ahuellamiento.

Asad y Ayaz, (2021) en su artículo denominado “*Efectiveness of bagasse ash for performance improvement of asphalt concrete pavements*” sostienen que uno de los factores principales de la disminución de la capacidad de servicio del pavimento es la formación de surcos de grietas, donde el ahuellamiento es también parte de la medida del desempeño del hormigón asfáltico ya que se define como las depresiones longitudinales en las trayectorias de las ruedas esto provocado por la continua carga de tráfico. También indican que usar la ceniza de bagazo puede ser utilizado como parte del relleno mineral, ya que mejora el rendimiento de los pavimentos de mezcla asfáltica.

Ahmad y Husnah, (2023) en su artículo *“Evaluation of fly ash concrete in salt Environment”* mencionan que en el país de Indonesia existen viviendas que se encuentran ubicados en zonas costeras donde el pavimento flexible está expuesto al agua de mar, se conoce que el agua marina tiene 3.5 % de sal donde al combinarse con los agregados del asfalto puede perder resistencia y durabilidad. La razón de este efecto es que la cristalización de las sales en cavidades de concreto asfáltico puede destruirlas debido a la presión de cristalización, para ello sugieren usar cenizas volantes en 15% y 20% junto al cemento alcalino para contrarrestar estos daños.

Nurul, et al., (2023) en su artículo titulado *“The improvement of asphalt mixture durability using portland cement filler and rice husk ash”* sostienen que el uso de rellenos en mezclas asfálticas pueden aumentar potencialmente la durabilidad y su capacidad de resistir el daño por agua, que en su estudio utiliza la ceniza de cascara de arroz y el cemento Portland indicando que es mejor que las partículas del relleno sean mas pequeñas pasante la malla #400 ya que tiene un gran potencial de nivel de durabilidad, por otro lado en la malla #200 la mezcla asfáltica demuestra una mayor resistencia al envejecimiento. Terminan indicando que si el relleno mineral tiene un tamaño más pequeño su nivel de homogeneidad mejora y esta se presencia en el ensayo de desviación estándar de penetración.

Zhen, et al., 2020) en su artículo titulado *“Study of properties of SBS/rice husk ash modified asphalt binder and mix”* sostienen que debido a la alta relevancia de estudios sobre agregar productos orgánicos en las mezcla asfáltica se enfocaron en modificar también una mezcla con partículas de plástico y ceniza de cascara de arroz, esto relacionado con el incremento de consumo de arroz en el país de china, se sabe que china es el mayor productor de arroz en el mundo siendo la producción media anual de 200 millones de toneladas. Para modificar un diseño de mezcla bituminosa se utilizó en diferentes contenidos de (0, 2, 5, 10 y 15%) de ceniza de cascara de arroz y 1% de SBS, los resultados fueron beneficiosos con respecto a ensayo Marshall y TSR.

Según **Raja, et al., (2019)** en su artículo titulado *“Use of Bottom Ash as a Partial Replacement of Fine Aggregates in Flexible Pavement”* sostienen que para mejorar el rendimiento del pavimento flexible uso la ceniza de fondo como el reemplazo de los agregados, es por ello que al realizar ensayos determina que la mezcla asfáltica mejora cuando se agrega agregados con texturas rugosas, angulares y bien graduadas, en los valores de Marshall la estabilidad y flujo disminuyen a medida que se va incrementando los porcentajes de la ceniza.

Sari, et al., (2023) en su artículo denominado *“The use of bottom ash and fly ash from medical incinerators as road construction material”* manifiestan que a la Covid-19 han dejado desechos por toneladas, donde los incineradores médicos optan por quemar estos con el fin de eliminar rápido la basura, que a su vez producen un 30% de ceniza volantes, que contienen altas concentraciones de metales pesados y otros elementos negativos contaminando al suelo y al medio ambiente. Como parte del estudio fue utilizar estas cenizas en las mezclas asfálticas la cual será utilizada como parte del relleno donde las proporciones fueron en 25%, 50%, 75% para luego ser sometido al ensayo Marshall.

Abhijit y Ransinchung, (2022) en su artículo denominado *“Evaluating the engineering properties of asphalt mixtures containing RAP aggregates incorporating different wastes as fillers and their effects on the ageing susceptibility”* indican que el envejecimiento de las mezclas asfálticas ocurre por variables intrínsecas como la cantidad de conglomerados y huecos de aire, por otra parte, la variable extrínseca que se refiere a efectos climáticos que reducen la vida útil y durabilidad. Para los especímenes uso los desechos de jarosita JS, cal hidrata HL, cenizas volantes FA y ceniza de caña de azúcar SA, y ensayo con el método marshal y Lottman, resultado de que la HL tiene mayor resistencia al envejecimiento, esto debido a su finura, también tiene mayor porosidad y mayor espesor en la película asfáltica de la mezcla.

Zulfigar, et al., (2021) en su artículo titulado *“Moisture susceptibility and environmental impact of warm mix asphalt containing bottom ash”* sostiene que la producción de mezclas asfálticas en caliente es un factor contribuyente que

significa a un consumo significativo de combustibles y energía, lo que resulta emisiones contaminantes, es por ello que se utiliza la ceniza de fondo para reducir este problema, como también analizar la sensibilidad a la humedad de mezclas asfálticas, y el efecto que esta tiene en el medio ambiente. Resultando que en los valores TSR mejoraron y que la emisión de monóxido de carbono redujo entre un 75 y 74 por ciento.

Ayyaz, et al., (2020) en su artículo titulado “Use of agricultural waste ashes in asphalt binder and mixture: A sustainable solution to waste management” indica que anualmente se generan toneladas de cenizas de residuos agrícolas que proviene de los cultivos de cascara, bagazo, paja; de la cual se utilizó para modificar el aglutinante y mezcla asfáltica, en donde estas cenizas de estudiaron con la fluorescencia de rayos x y difracción de rayos x, para luego ser mezcladas en porcentajes de 2, 4, 6 por ciento con respecto al peso del ligante asfáltica, resultando que tuvieron un mejor desempeño contra el daño por humedad y un efecto negativo insignificante sobre la resistencia a la fatiga.

Muhammad, et al., (2021), en artículo denominado “Performance evaluation of Nano wood ashes in asphalt binder and mixture” informa que las cenizas de madera suelen acabar en vertederos a cielo abierto lo que genera problemas medioambientales, de esta manera dice que la incorporación de subproductos de la madera en materiales asfálticos ayuda a mejorar el rendimiento de la mezcla asfáltica, es por ello que se estudia los efectos de nano cenizas de madera sobre el comportamiento de ligantes y mezclas asfálticas. De la cual se añadieron en volúmenes de 1, 3 y 5% resultando que mejora en la resistencia a la rodadura, a la humedad y en la resistencia a la fatiga.

Hasan y Hussein, (2020) en su artículo titulado “*Properties of modified asphalt mixtures with additives of fillers materials*” según menciona que en el paso de los tiempos el uso de subproductos como polvo de hornos de cemento y polvos de ceniza volantes especialmente en carretera a recibido atención cada vez mayor, en esta la razón por lo que utiliza ceniza de meta caolín, cenizas volantes y polvo

de horno de cemento para evaluar las propiedades físicas del ligante asfáltico, siendo de esta modo que las cantidades de 3, 5, 7% se utilizaran con respecto al peso del aglutinante, y que los resultados fueron beneficiosos con relación a la estabilidad, en el grado de penetración se redujo y mejoró la susceptibilidad a la temperatura.

Mayara, et al., (2020) en su artículo titulado “The Influence of Alternative Fillers on the Adhesive Properties of Mastics Fabricated with Red Mud” sostiene que la adherencia entre el betún y áridos influye fuertemente en la vida útil de los pavimentos, es así que la industria de construcción de carreteras ha estado utilizando aditivos para mejorar la afinidad de los materiales en presencia de agua siendo esta el barro rojo que se ponen a prueba con diferentes porcentajes y se ensayan su adhesividad, penetración, la viscosidad del asfalto y las propiedades físicas – químicas para definir las interacciones adhesivas.

Kikut et al., (2020) indican que el principal problema que enfrenta el asfalto es el deterioro causado por la humedad, ya que llueve continuamente durante 6 meses al año, lo que lo convierte en un clima tropical, y con respecto a ello se dice que la cal hidratada demuestra que mejora tanto en la dureza como también en la capacidad de soportar el daño producido por la humedad, y que los porcentajes más usuales de este aditivo fue en los rangos de 1% y 2% con respecto a la carga de los agregados, por ende la cantidad óptima de la cal hidratada es de 1.5%, ya que a partir de esa dosificación comienza a mejorar el comportamiento del asfalto

IV. CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo general se determinó que las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica obtiene un gran cambio cuando se aplican cenizas de tipos orgánico, esto contribuyendo a la mejorar sus características resistentes y ampliando el uso de las diversas cenizas.

Objetivo específico 1: Se obtuvo que las características físicas de la mezcla asfáltica mejoraron, pero en condiciones no tan extensas, ya que estos tipos de aditivos han cambiado las cualidades del ligante asfáltico convirtiéndolo en una mezcla bituminosa con una flexibilidad mayor al 20% de su capacidad normal. De esta situación se conoce que es preferible agregar aditivos provenientes de las cenizas volantes, ya que contiene más componentes orgánicos y puede reemplazar al relleno mineral en hasta un 50%.

Objetivo específico 2: con relación a las propiedades mecánicas se dice que las cenizas provenientes de cascara de arroz, cenizas volantes hicieron que la estabilidad, flujo y el daño por humedad de las mezclas asfálticas mejoraran, esto debido a que las partículas de las cenizas pueden cubrir los espacios vacíos de la mezcla bituminosa. Una de las formas de aplicación de los modificadores orgánicos hacia una mezcla de asfalto es que las partículas tienen que cumplir una dimensión no mayor a 0.075 mm para poder cubrir los espacios de aire al ser compactadas en el diseño Marshall, con respecto al ensayo inducido por el daño por humedad TSR se obtuvo que normalmente usan la cal hidratada para prevenir este problema del asfalto, pero las cenizas también demostraron que un 90% puede ser útil cuando se trata de una modificación de la mezcla asfáltica del tipo seco, ya que se aplica junto al filler y agregados finos y gruesos.

V. RECOMENDACIONES

En síntesis, con relación a los artículos obtenidos en la recopilación indexadas referentes a las cenizas orgánicas e inorgánicas para modificar una mezcla asfáltica, se recomienda tener en cuenta que a pesar de que los aditivos puedan ser parte de un asfalto, es recomendable mantener el diseño de mezcla incorporando las nuevas formas con el fin de mejorar las propiedades físicas y mecánicas. A pesar de ello, en el transcurso de los años tuvo la mira de ingenieros especializados en el ámbito de vías pavimentadas en implementar estas nuevas ideas.

Otra recomendación, sería que los porcentajes reemplazables en la mezcla comienzan desde el 0.5% hasta el 100% que es el cambiar una porción de la parte general de una mezcla, y que, a partir de la baja porción, los resultados en los ensayos comienzan a alterarse en especialmente la rigidez, flujo, fatiga, estabilidad, viscosidad, trabajabilidad, escurrimiento del ligante asfáltico y cohesividad del betún, hasta empezar a observarse que las características resistentes mejoran con éxito.

REFERENCIAS

1. ABHIJIT, Mondal, RANSINCHUNG, G. (2022). *Evaluating the engineering properties of asphalt mixtures containing RAP aggregates incorporating different wastes as fillers and their effects on the ageing susceptibility*. Cleaner Waste Systems. Vol. 3, [Fecha de consulta: 22 de julio del 2022].
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2022.100037>
2. AHMAD, Zaki, HUSNAH. *Evaluation of fly ash concrete in salt Environment*. E3S Web of Conferences. (2023), Vol. 429. [Fecha de consulta: 2 de mayo 2023]. Pp. 6. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342905030>
3. AHMED, Towheed, SANDEEP, Singh. *Experimental Investigation of Coconut Shell Charcoal Ash In Bituminous Concrete*. Earth and Environmental Science. (2023), Vol. 1110. [Fecha de consulta: 23 de junio 2022]. India. Pp. 10. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1110/1/012048/pdf>
4. ALAAELDIN, Abdelmagid, YANJUN, Qiu, ENHUI, Yang. *Using agricultural residue sustainably: Enhancing asphalt properties with rice husk ash and analyzing its mixture performance using response surface methodology*. Case Studies in Construction Materials. (2023), Vol. 19. [Fecha de consulta: 5 de julio 2023]. Pp. 15. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02476>
5. ALADEGBOYE, O. [et al]. *Evaluation of volumetric properties of cassava peel ash modified asphalt mixtures*. Civil Engineering Journal, 2022, vol. 8, N° 10, pp. 2110-2124.
6. ALSADIK, S, [et al]. *Investigation of the influence of recycled organic materials as a filler on the performance of hot mix asphalt*. AIP conference Proceedings. (2023), Vol. 2787. [Fecha de consulta: 14 de julio 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1063/5.0148209>
7. ASAD, Zia, AYZAZ, Ahmad. *Efectiveness of bagasse ash for performance improvement of asphalt concrete pavements*. SN Applied Sciences. (2021), Vol,3. N. 502. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2021]. Pp. 11. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04502-x>

8. ASIM, Hussai, THAMER, Abdulrasoo, YASIR, Kadhim. *Using nanoclay hydrophilic bentonite as a filler to enhance the mechanical properties of asphalt*. Journal of Applied Engineering Science, 2022, Vol. 20, N° 1.
Disponible en <https://doi.org/10.5937/jaes20-35111> DOI: 10.5937/jaes035111
9. AYYAZ, Fareed [et al]. 2020. *Use of agricultural waste ashes in asphalt binder and mixture: A sustainable solution to waste management*. Construction and Building Materials. (2020), Vol. 259. [Fecha de consulta: 27 abril del 2020].
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120575>
10. CETIN, Altan 2021. The effect of filler additives on moisture damage in stone mastic asphalt (SMA) mixtures. CE Bartin University, Turquia, 2021, Vol. 73, N° 12. Disponible en <https://doi.org/10.14256/JCE.3321.2021>
11. CHAIRA, Chaira, BAMBANG, Tripoli. *Performance evaluation of asphalt concrete wearing coarse with a mixture of coal fly ash and brick powder as filler*. AIP Conference Proceeding. (2023), Vol. 2629. [Fecha de consulta: 02 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1063/5.0128922>
12. DIYAR, Khan. [at al]. *Performance of hot-mix asphalt using polymer-modified bitumen and marble dust as a filler*. Journal of traffic and transportation engineering, 2022, Vol.10, N° 3. [Fecha de consulta: 1 de julio del 2022]. Pp. 385-398. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2022.12.002>
13. ENDASHAW, Destaw. *Influencia of Corn Cob Ash as a Filler Material in Asphalt Concrete Mixes*. Internacional Journal of Pavement Research and Technology. (2023), Vol. 16. [Fecha de consulta: 7 de junio 2022]. Pp. 1217-1225. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42947-022-00191-w>
14. HADDAD, M.A., KHEDAYWI, T.S. (2023). *Moisture resistance of olive husk ash modified asphalt mixtures*. Annales de Chimie - Science des Matériaux, Vol. 47, No. 3, pp. 141-149. <https://doi.org/10.18280/acsm.470303>
15. HASAN, Joni, HUSSEIN, Zghair. 2020. *Properties of modified asphalt mixtures with additives of fillers materials*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. (2020). Vol.737, N. 4. [Fecha de consulta: 21 de octubre del 2019]. Pp.7-9. Disponible en: DOI 10.1088/1757899X/737/1/01212
16. HUSSAIN, Ali, HAMAD, Abdul, MOHAMMED, A. Al-Osta. *Performance of SMA Mix modified with waste plastic and fiber*. Case Studies in Construction

- Materials, Vol.19. [Fecha de consulta: 24 de julio 2023]. Pp. 16. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02566>
17. JUN, Liao, [et al]. *The Influence of Mesoscopic Characteristics of Mineral Powders Fillers on the Rutting Factor ($G^*/\sin\delta$) of Asphalt Mortar*. Journal of Wuhan University of Technology-Materials Science Edition. (2023), Vol. 38. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2022]. Pp. 1118-1125. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11595-023-2800-7>
18. KIKUT, Karina, ELIZONDO, Ana y BALDI, Alejandra. *Beneficio del uso de cal hidratada en mezclas asfálticas*. Infraestructura Vial. Infraestructura Vial [en línea]. Vol. 22, Julio 2020, N° 39.[Fecha aprobada: 01 de julio 2020]. pp. 1219. Disponible en <https://www.scielo.sa.cr/pdf/infraestructura/v22n39/2215-3705-infraestructura-22-39-12.pdf> ISSN: 2215-3705
19. MAHMOUDI, Masoud, [et al]. *The effect of rice husk ash and gilsonita on the properties of concrete pavement*. Advances in Materials and Processing Technologies. (2022), Vol.8, N° 2. [Fecha de consulta: 24 de marzo 2021]. Pp. 2308-2328. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/2374068X.2021.1909360>
20. MAYARA, Silverio [et al].2020. *The Influence of Alternative Fillers on the Adhesive Properties of Mastics Fabricated with Red Mud*. Novel Materials and Technologies for the Urban Roads of the Future. (2020). Vol. 12. N.2. [Fecha de consulta: 6 de diciembre del 2019]. Pp. 15. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma13020484>
21. MIN, Sun. [et al]. *Preparation scheme optimization of thermosetting polyurethane modified asphalt*. Polymers, 2023, Vol.15, N° 10. [Fecha de consulta: 21 de abril 2023]. pp. 2327. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/polym15102327>
22. MIRABDOLAZIMI, S, KARGARI, A, PAKENARI, Mazhari. *New achievement in moisture sensitivity of nano-silica modified asphalt mixture with a combine effect of bitumen type and traffic condition*. Internacional Journal of Pavement Research and Technology. (2021), Vol.14. [Fecha de consulta: 11 de julio 2020]. Pp. 105-115. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42947-020-0043y>

23. Muhammad, Ahsan [et al]. 2021. *Performance evaluation of Nano wood ashes in asphalt binder and mixture*. *Internacional Journal of Pavement Engineering*. (2021). Vol. 23, N.10. [Fecha de consulta: 1 de octubre del 2020]. Pp. 3318-3332. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10298436.2021.1892107>
24. NEDURI, Prabhanjan, [et al]. (2020). *Strength evaluation of glass powder impregnated asphalt mix*. *Material Today: Proceeding, India, 2020*, Vol. 39. [Fecha aceptada: 21 de septiembre 2020]. Pp. 771-775. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320372229>
25. NURUL, Hidayati, [et al]. *The Improvement of Asphalt Mixture Durability Using Portland Cement Filler and Rice Husk Ash*. *Civil Engineering and Architecture*. (2023). Vol. 11, N. 2. [Fecha de consulta: 20 de julio de 2022]. Pp. 1091-1098. Disponible en: <https://www.hrpub.org/download/20230330/CEA40-14828543.pdf> DOI: 10.13189/cea.2023.110240
26. OYEDEPO, O. [et al]. *Evaluation of the Strength Properties of Asphalt Concrete using Natural Fibres as Reinforcing Additives*. *Nigerian Journal of technological development*, 2021, vol. 18, N° 4. [Fecha aprobada: 24 de octubre 2021]. pp. 302-311. Diponible en <https://www.ajol.info/index.php/njtd/article/view/221131> ISSN: 01899546
27. RAJA, Adnan, PUNIT, Verma, SANDEEP, Singla. *Use of Bottom Ash as a Partial Replacement of Fine Aggregates in Flexible Pavement*. *Blue Eyes Intelligence Engineering and Sciences Publication (BEIESP)*. (2019), Vol. 9. [Fecha de consulta: 22 de octubre del 2029]. Pp. 974-981. Disponible en: <https://www.ijitee.org/portfolio-item/A4117119119/> DOI: <http://doi.org/10.35940/ijitee.A4117.119119>
28. SARY, Jaber [et al]. 2022. *The use of bottom ash and fly ash from medical incinerators as road construction material*. *Buletin Siintific*. (2023), Vol. 84. N. 2. Pp. 12. Disponible en: https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/full626_906624.pdf
29. SENGUL, Caleleddin. [et al]. *The Effect of Hydrated Lime Mixing Forms and Ratios on Performance in Asphalt Pavements*. *Teknik Dergi*, 2022, Vol. 33, N°4.

- [Fecha aprobada: 8 de abril 2020]. Pp. 12243-12263. Disponible en <https://doi.org/10.3390/ma15103715>
30. SOHEL, Islam, RANSINCHUNG, N, JAYVANT, Choudhary. *Analyzing the effect of waste jarosite as an alternative filler on the engineering properties of asphalt mixes*. *Construction and Building Materials*. (2020), Vol. 270. [Fecha de consulta: 20 de abril 2020]. Pp. 14. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121466>
31. TACETTIN, Geckil, CEREN, Beyza, ZÜLFÜKAR Aksagan. *Laboratory Evaluation of oak ash waste for use in hot mix asphalt modification*. *Construction and Building Materials*, Vol.407. [Fecha de consulta: 31 de julio 2023]. pp.15. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133617>
32. TILAHUN, Amare, MELSEW, Natnael, ASEFA, Getachew. *A Laboratory Study on the influence of Coffe Husk Ash and Slag Ash Fillers on the Performance of Bituminous Concrete Mixes*. *Internacional Journal of Pavement Research and Technology*. (2023), [Fecha de Consulta: 11 de mayo 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42947-023-00353-4>
33. VENEGAS, Martínez. [et al]. *Evaluation of Jatropha curcas and Pistachio Shell Particles as Modifier for Asphalt Binder*. *Applied Sciences* 2021, Vol. 11, N° 3. [Fecha aceptada: 23 de enero 2021]. Pp.13. Disponible en <https://doi.org/10.3390/app11031151>
34. VERANITA, Veranita, R, Djamaluddin, J, Supardi. *Study of marshall characteristic on asphalt mixture with addition of periwinkle shell as a substitute of fille*. *AIP Conference Proceeding*. (2023), Vol. 2629. [Fecha de consulta: 02 de agosto 2023]. Dispñible en: <https://doi.org/10.1063/5.0129029>
35. WIDOWO, D, [et al]. *The Effect of Pulp Cane Ash Filler and Concrete Waste as Replacement of Coarse Aggregate to The Marshall Characteristic on Asphalt Concrete Mixtures*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. (2021), Vol, 832. [Fecha de consulta: 6 de octubre 2020]. Pp. 9.

Disponible en: DOI 10.1088/1755-1315/832/1/012032

36. YASIR, Kadhim, WAIL, Mohammad, ABDULRASOOL, Thamer. *The Effect of Animal Bone Ash on the Mechanical Properties of Asphalt Concrete*. Civil Engineering Journal. (2021), Vol.7, N°10. [Fecha de consulta: 5 de junio 2021]. Pp. 1741-1752. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.28991/cej-202103091757>
37. YOUWEI, Gan, [et al]. *Factors Affecting the Properties of PCB-Modified Asphalt*. Journal of Materials in Civil Engineering. (2023), Vol. 35, N. 11. [Fecha de consulta: 23 de agosto 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1061/JMCEE7.MTENG-15644>
38. ZHEN, Lu, [et al]. *Study of properties of SBS/rice husk ash modified asphalt*. Advances in Materials Science and Engineerin. (2020), Vol. 11. [Fecha de consulta: 29 de mayo 2020]. Pp. 11. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/4545063>
39. ZHEN, Lu, [et al]. *Study of properties of SBS/rice husk ash modified asphalt*. Advances in Materials Science and Engineerin. (2020), Vol. 11. [Fecha de consulta: 29 de mayo 2020]. Pp. 11. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/4545063>
40. ZULFIGAR, Ali, NORHIDAYAH, Abdul. MONH, Idham. 2021. *Moisture susceptibility and environmental impact of warm mix asphalt containing bottom ash*. Case Studies in Construction Materials. 2021. Vol, 15. Pp. 10. [Fecha de consulta: 29 de marzo del 2021]. Disponible en : <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00636>
41. CHOWDHURY, R. [et al]. (2023). "Medical Waste Incineration Fly Ash as a Mineral Filler in Dense Bituminous Course in Flexible Pavements". *Materials*, 16(16). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma16165612>.
42. MAHTO, S.K, SINHA, S. (2023). "Moisture Susceptibility, Adhesion and Rutting Behaviour of Warm Mix Asphalt Using Industrial Wastes as Mineral Filler" . *Arabian Journal for Science and Engineering* [Preprint]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13369-023-08475-4>.
43. MONU, K, SAHDEO, S.K, RANSINCHUNG, G.D.R.N. (2023). "Optimization of Semidense Bituminous Concrete Mix Gradation for Foam-Mix Asphalt

- Containing Agricultural and Industrial Wastes”. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 35(10). Disponible en: <https://doi.org/10.1061/JMCEE7.MTENG-15608>.
44. PRATTIPATI, N, ADEPU, R. (2023). “Influence of modified binder with partial replacement of rice husk ash as filler in asphalt mixtures”. in. *AIP Conference Proceedings*. Disponible en: <https://doi.org/10.1063/5.0133495>.
45. RAN, M. et al. (2023). “Grouting Mechanism of Polyurethane Composite Materials in Asphalt Pavement Subsidence”. *Materials*, 16(21). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma16217052>.
46. SHALA, A, AL-HDABI, A. (2023). “Dense Grade Surface Course Cold Asphalt Emulsion Mixture Properties Containing Cement and Wheat Straw Ash (WSA)”. in. *E3S Web of Conferences*. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342703029>.
47. SUNARJONO, S. [et al]. (2023) “The Improvement of Asphalt Mixture Durability Using Portland Cement Filler and Rice Husk Ash”. *Civil Engineering and Architecture*, 11(2), pp. 1091–1098. Disponible en: <https://doi.org/10.13189/cea.2023.110240>.
48. TIAN, Y, DAI, S, WANG, J. (2023) “Environmental standards and beneficial uses of waste-to-energy (WTE) residues in civil engineering applications”. *Waste Disposal and Sustainable Energy*, 5(3), pp. 323–350. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42768-023-00140-8>.
49. YANG, C. et al. (2023) “Recycling flue gas desulfurization ash in enhancing the comprehensive moisture susceptibility of asphalt mixtures”. *Journal of Cleaner Production*, 426. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139062>
50. DOKUZLAR, G, DÜNDAR, B, YURT, Ü. (2023). “Effect of recycled asphalt waste on mechanical properties of alkali-activated mortars”. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering* [Preprint]. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/09544089231191621>.

ANEXOS

TABLA I: Numero de articulo relacionados con la siguiente palabra clave.

PALABRA CLAVE KEY WORD	SCOPUS	WEB OF SCIENCE
ASPHALT MIXTURES	21,017	7,147
ASH FOR PAVEMENT	2,579	1,229

Tabla II: Resultados de la búsqueda con filtros para “*Ashphalt mixtures*”

Base de datos	Resultados de búsqueda	Filtros aplicados		N° de resultados obtenidos	N° de artículos elegidos
		AÑO	CIENCIA		
Scopus	21,017	20192023	"Ingeniería" "Ciencias de los materiales" "Ciencia medioambiental"	8,520	11

Web of science	7,147	20192023	"Ingeniería "Ciencias de los materiales" "Tecnología de construcción" "Ciencias ambientales ecología" "Transporte" "Ciencias de los polímeros" "Ciencia tecnología de otros temas"	6,954	8
----------------	-------	----------	--	-------	---

Tabla III: Resultados de la búsqueda con filtro para "Ash for pavement"

Base de datos	Resultados de búsqueda	Filtros aplicados		N° de resultados obtenidos	N° de artículos elegidos
		AÑO	CIENCIA		
Scopus	2,579	20192023	"Ingeniería" "Ciencias de los materiales" "Ciencia medioambiental"	1.046	16

			“Ingeniería “Ciencias de los materiales” “Tecnología de construcción”		18
Web of science	1,229	20192023	“Ciencias ambientales ecología” “Transporte” “Ciencias de los polímeros” “Ciencia tecnología de otros temas”	1,201	

Tabla IV: Distribución de artículos en función al año y base de datos

Base de datos	AÑO DE PUBLICACION					TOTAL
	2019	2020	2021	2022	2023	
Scopus	5	4	4	7	8	28
Web of science	2	5	4	5	10	26
Total	7	9	8	12	14	54

ARTICULO CIENTIFICO AMAO.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	12%	6%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
2	www.researchgate.net Fuente de Internet	1 %
3	www.virtualpro.co Fuente de Internet	1 %
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1 %
5	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	1 %
6	docs.google.com Fuente de Internet	1 %
7	www.grafiati.com Fuente de Internet	1 %
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
9	doaj.org Fuente de Internet	<1 %