EFECTO DEL ACEITE CRUDO DE PALMA COMO ADITIVO MODIFICADOR EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO PRODUCTOS DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

EFFECT OF CRUDE PALM OIL AS A MODIFYING ADDITIVE IN AN ASPHALT MIX USING PRODUCTS FROM THE DEPARTMENT OF NARIÑO

Autores (*Authors*): MONCAYO OBANDO Ana Gabriela, SOLARTE DELGADO Asly Camila, SOLARTE RODRÍGUEZ Lina María, TORO GUERRA Bryan Camilo.
Facultad (*Faculty*): de INGENIERÍA
Programa (*Program*): INGENIERÍA CIVIL
Asesor (*Support*): JUAN DIEGO MUÑOZ ORDOÑEZ
Fecha de terminación del estudio (*End of the research*): NOVIEMBRE 2024
Modalidad de Investigación (*Kind of research*): Trabajo de Grado

PALABRAS CLAVE

ACEITE CRUDO DE PALMA, MEZCLA ASFÁLTICA, CEMENTO ASFÁLTICO, CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO, NARIÑO.

KEY WORDS

CRUDE PALM OIL, ASPHALT MIX, ASPHALT CEMENT, MODIFIED ASPHALT CEMENT, NARIÑO.

RESUMEN

El propósito principal de la investigación consistió en evaluar el efecto del aceite crudo de palma proveniente de Tumaco en una mezcla asfáltica con agregados y cemento asfáltico de la región de Nariño, con el fin de transformar las propiedades del cemento asfáltico y generar un menor consumo energético en su elaboración. A diferencia de otros estudios que han explorado el uso de aceites vegetales en mezclas asfálticas, esta investigación se centra específicamente en el comportamiento del aceite crudo de palma de Tumaco, cuyas características particulares pueden generar interacciones diferentes con el cemento asfáltico en comparación con otros aceites de otras regiones.

Usualmente, en el departamento de Nariño se usan las mezclas asfálticas calientes con un alto consumo energético como método de pavimentación de vías, las cuales requieren 697.7 MJ de consumo de energía debido al abundante calor necesario para preparar los materiales, esta mezcla modificada a su vez reducirá el impacto

de la huella de carbono de la producción de la mezcla. Para llevar a cabo esta investigación se inició con la caracterización física y reológica del cemento asfáltico mediante diferentes laboratorios de la normativa INVIAS, por otra parte, considerando que cada tipo de aceite vegetal interactúa de manera única con el cemento asfáltico, se realizaron pruebas con diferentes porcentajes de aceite crudo de palma de Tumaco para determinar, según los resultados de los ensayos, el óptimo porcentaje de aceite para la mezcla. Por último, se realizaron briquetas de mezcla asfáltica mediante el método Marshall con el fin de evaluar las propiedades mecánicas de estas, así como el efecto del aceite crudo de palma de Tumaco en la nueva mezcla asfáltica, analizando si cumple con todas las especificaciones descritas en la normativa INVIAS.

ABSTRACT

The main purpose of the research was to evaluate the effect of crude palm oil from Tumaco on an asphalt mixture with aggregates and asphalt cement from the Nariño region, with the aim of transforming the properties of asphalt cement and generating lower energy consumption in its production. Unlike other studies that have explored the use of vegetable oils in asphalt mixtures, this research focuses specifically on the behavior of crude palm oil from Tumaco, whose particular characteristics may generate different interactions with asphalt cement compared to other oils from other regions.

Usually, in the department of Nariño, hot asphalt mixtures with high energy consumption are used as a method of paving roads, which require 697.7 MJ of energy consumption due to the abundant heat needed to prepare the materials, this modified mixture in turn will reduce the carbon footprint impact of the mixture production. To carry out this research, we started with the physical and rheological characterization of the asphalt cement by means of different laboratories of the INVIAS standards. On the other hand, considering that each type of vegetable oil interacts in a unique way with the asphalt cement, tests were carried out with different percentages of crude palm oil from Tumaco to determine, according to the results of the tests, the optimum percentage of oil for the mixture. Finally, asphalt mix briquettes were made using the Marshall method in order to evaluate their mechanical properties, as well as the effect of the Tumaco crude palm oil on the new asphalt mix, analyzing whether it complies with all the specifications described in the INVIAS regulations.

CONCLUSIONES

A partir de la interpretación de las propiedades físicas del aceite crudo de palma, indica que es un buen modificador para el cemento asfáltico, ya que una baja cantidad de agua en el aceite evita problemas de disolución durante la mezcla con el cemento asfáltico, lo que garantiza una mejor adhesión entre ambos materiales y

el aceite otorga la ventaja de resistir mayores temperaturas de tratamiento y uso antes de llegar a evaporarse.

En cuanto a la viscosidad del cemento asfáltico modificado, los resultados obtenidos en la gráfica de viscosidades, para el rango de temperaturas de 120 °C a 240 °C, indican que la adición de aceite en el asfalto modificado incrementa la susceptibilidad térmica en comparación con el cemento asfáltico base. Esto se evidencia en el aumento de la pendiente de las curvas de viscosidad, resultando en variaciones más pronunciadas de consistencia ante cambios de temperatura.

La adición del 2% de aceite crudo de palma muestra un punto de ablandamiento de 38.5 °C, un valor superior al de los demás porcentajes de adición que disminuyen a medida que se incrementa el contenido de aceite, el factor de ahuellamiento con esta adición es de 4.81 kPa, lo cual es menor que el del cemento asfáltico base (7.49 kPa) pero mayor que el de los demás porcentajes de adición. Con esta adición, se logra reducir las temperaturas de mezclado en 10°C respecto al cemento asfáltico base.

Se determinó que el porcentaje óptimo de aceite crudo de palma es del 2%, basado en el análisis de propiedades físicas y reológicas del cemento asfáltico modificado. Esta proporción mantiene las propiedades del cemento asfáltico base, conservando en su mayoría su clasificación dentro de la categoría 60/70 lo que garantiza que las propiedades esenciales como la consistencia, estabilidad y durabilidad se mantengan en los parámetros requeridos para su uso en pavimentación.

En el rango de viscosidad de mezclado (150-190 cP), todos los asfaltos modificados presentaron temperaturas de mezcla más bajas. El 2% de aceite crudo de palma permitió reducir la temperatura de mezclado en 10 °C, demostrando el potencial para disminuir las temperaturas de producción en planta, lo que conlleva beneficios ambientales al reducir el consumo energético y las emisiones.

Para el rango de viscosidades de compactación (280 ± 30 cP), los cementos asfálticos modificados mostraron temperaturas superiores al cemento asfáltico base. Aunque esto podría parecer problemático, en la práctica no representa un inconveniente, en planta de asfalto, ni en laboratorio, ya que estas temperaturas se alcanzan después de un enfriamiento y, además, siguen siendo inferiores a las temperaturas de mezcla.

En cuanto al factor de ahuellamiento, se encontró que todos los cementos asfálticos base cumplieron con los requisitos establecidos. Este factor está directamente relacionado con la resistencia del material frente a la formación de ahuellamientos, lo que indica que los cementos asfálticos evaluados poseen una adecuada capacidad para resistir la deformación permanente bajo carga.

Los ensayos del diseño Marshall para determinar el contenido óptimo inicial de

asfalto mostraron que, al añadir un porcentaje específico de cemento asfáltico (CA) a la mezcla, se cumplían los requisitos del INVIAS (artículo 450): Porcentaje de vacíos: 5,17% (límites: 4-6%), VMA: 21,28% (mínimo: 16%), VFA: 75,73% (límites: 65-75%), Estabilidad: 16 kN (mínimo: 9 kN), Flujo: 2,84 mm (límites: 2-3 mm), Relación estabilidad/flujo: 5,6 (límites: 3-6), Relación llenante/ligante efectivo: 1 (límites: 0,8-1,2).

La estabilidad disminuyó de 16,053 KN a 15,174 KN, esta diferencia no es considerable porque el valor se encuentra por encima del del mínimo requerido por las especificaciones (>9.0 KN según el estándar INVÍAS), lo que garantiza que la mezcla conserve un buen desempeño estructural. La funcionalidad del pavimento en condiciones normales no se ve comprometida por esta ligera reducción, sin embargo, es importante tener en cuenta en situaciones de tráfico intenso o bajo cargas pesadas, esta variación podría tener un impacto moderado en la durabilidad y resistencia del pavimento a deformaciones. Aun así, dentro de los estándares actuales de diseño, la mezcla sigue siendo confiable y segura para la mayoría de las aplicaciones.

Se observa una reducción en la absorción de agua en la mezcla modificada, pasando de 1.88% en la mezcla convencional a 1.66%, reduciendo su capacidad para absorber agua lo que significa una menor susceptibilidad. Esto es favorable para la durabilidad del pavimento, ya que, según Rondón Quintana, Ruge Cárdenas, & Moreno Anselmi (2016) en las estructuras de pavimento, el deterioro por acción del agua se considera uno de los mecanismos críticos de degradación en las mezclas asfálticas. Este proceso compromete tanto la resistencia mecánica como la vida útil del pavimento al afectar la adherencia y cohesión del material. La presencia de humedad puede catalizar además otros tipos de fallas, incluyendo grietas por fatiga, agrietamientos térmicos superficiales (TDC) y deformación permanente en forma de ahuellamientos. a reducción en la absorción prolonga la vida útil del pavimento.

CONCLUSIONS:

From the interpretation of the physical properties of crude palm oil, it indicates that it is a good modifier for asphalt cement, since a low amount of water in the oil avoids dissolution problems during mixing with the asphalt cement, which guarantees better adhesion between the two materials, and the oil has the advantage of resisting higher treatment and use temperatures before evaporating.

Regarding the viscosity of the modified asphalt cement, the results obtained in the viscosity graph, for the temperature range from 120 °C to 240 °C, indicate that the addition of oil in the modified asphalt increases the thermal susceptibility compared to the base asphalt cement. This is evidenced by the increase in the slope of the viscosity curves, resulting in more pronounced variations in consistency with temperature changes.

The addition of 2% crude palm oil shows a softening point of 38.5 °C, a higher value than the other addition percentages that decrease as the oil content increases, the rutting factor with this addition is 4.81 kPa, which is lower than that of the base asphalt cement (7.49 kPa) but higher than that of the other addition percentages. With this addition, mixing temperatures are reduced by 10°C with respect to the base asphalt cement.

The optimum percentage of crude palm oil was determined to be 2%, based on the analysis of the physical and rheological properties of the modified asphalt cement. This proportion maintains the properties of the base asphalt cement, keeping for the most part its classification within the 60/70 category, which guarantees that the essential properties such as consistency, stability and durability are maintained within the parameters required for use in paving.

In the mixing viscosity range (150-190 cP), all modified asphalts presented lower mixing temperatures. The 2% crude palm oil allowed the mixing temperature to be reduced by 10 °C, demonstrating the potential for lower in-plant production temperatures, leading to environmental benefits by reducing energy consumption and emissions.

For the range of compaction viscosities (280 ± 30 cP), the modified asphalt cements showed higher temperatures than the base asphalt cement. Although this might seem problematic, in practice it does not represent a drawback, either in the asphalt plant or in the laboratory, since these temperatures are reached after cooling and, moreover, remain lower than the mixing temperatures.

As for the rutting factor, it was found that all the base asphalt cements met the established requirements. This factor is directly related to the material's resistance to rutting, which indicates that the asphalt cements evaluated have an adequate capacity to resist permanent deformation under load.

The Marshall design tests to determine the optimum initial asphalt content showed that by adding a specific percentage of asphalt cement (AC) to the mix, the requirements of INVIAS (article 450) were met: Void ratio: 5.17% (limits: 4-6%), VMA: 21.28% (minimum: 16%), VFA: 75.73% (limits: 65-75%), Stability: 16 kN (minimum: 9 kN), Flow: 2.84 mm (limits: 2-3 mm), Stability/flow ratio: 5.6 (limits: 3-6), Effective filler/binder ratio: 1 (limits: 0.8-1.2).

The stability decreased from 16,053 KN to 15,174 KN, this difference is not considerable because the value is above the minimum required by the specifications (>9.0 KN according to the INVÍAS standard), which guarantees that the mix maintains a good structural performance. The functionality of the pavement under normal conditions is not compromised by this slight reduction, however, it is important to keep in mind that in situations of intense traffic or under heavy loads, this variation could have a moderate impact on the durability and resistance of the

pavement to deformation. Even so, within current design standards, the mix remains reliable and safe for most applications.

A reduction in water absorption is observed in the modified mix, from 1.88% in the conventional mix to 1.66%, reducing its capacity to absorb water, which means a lower susceptibility. This is favorable for the durability of the pavement, since, according to Rondón Quintana, Ruge Cárdenas, & Moreno Anselmi (2016) in pavement structures, deterioration by the action of water is considered one of the critical degradation mechanisms in asphalt mixtures. This process compromises both the mechanical strength and the service life of the pavement by affecting the adherence and cohesion of the material. The presence of moisture can also catalyze other types of failure, including fatigue cracking, thermal surface cracking (TDC), and permanent deformation in the form of rutting.

RECOMENDACIONES

Se sugiere llevar a cabo un diseño Marshall modificado, variando el porcentaje de asfalto mientras se mantiene constante el 2% de aceite crudo de palma. En esta investigación, se empleó un porcentaje de asfalto del 5% para realizar el diseño Marshall. Esto con el fin de comparar, a través de ensayos, las propiedades físicas, reológicas y mecánicas de ambos asfaltos modificados.

Además, se recomienda llevar a cabo ensayos de envejecimiento del asfalto modificado tanto a mediano como a largo plazo. Esto permitirá evaluar cómo la volatilidad del material varía en respuesta a los cambios de temperatura y a los procesos de oxidación. Comparando las propiedades del asfalto antes y después del envejecimiento, lo que facilitará la identificación de posibles mejoras en el diseño.

Considerando las características del aceite crudo de palma proveniente de la zona costera del departamento de Nariño, se sugiere realizar investigaciones en otros departamentos del país para evaluar si los efectos observados en la mezcla asfáltica modificada se mantienen o cambian con respecto a aceites provenientes de diferentes condiciones climáticas y de cultivo.

RECOMMENDATIONS

It is suggested that a modified Marshall design be carried out, varying the percentage of asphalt while maintaining a constant 2% of crude palm oil. In this research, an asphalt percentage of 5% was used to carry out the Marshall design. This was done in order to compare, through tests, the physical, rheological and mechanical properties of both modified asphalts.

In addition, it is recommended to carry out aging tests of the modified asphalt both

in the medium and long term. This will allow evaluating how the volatility of the material varies in response to temperature changes and oxidation processes. Comparing the properties of the asphalt before and after aging, which will facilitate the identification of possible design improvements.

Considering the characteristics of crude palm oil from the coastal zone of the department of Nariño, it is suggested to carry out research in other departments of the country to evaluate if the effects observed in the modified asphalt mixture are maintained or change with respect to oils from different climatic and cultivation conditions.