

Capítulo 13

Mezclas asfálticas tibias implementando aceite crudo de palma

Ana Gabriela Moncayo Obando¹
Cristian Roberto Pantoja Montero²

Cítese como: Moncayo-Obando, A. G. y Pantoja-Montero, C. R. (2023). Mezclas asfálticas tibias implementado aceite crudo de palma. En F. C. Gómez-Meneses, L. M. Gómez y J. P. García-López (comps.), *Formación de competencias científicas desde la investigación y la academia* (pp. 147-154). Editorial UNIMAR. <https://doi.org/10.31948/editorialunimar.207.c343>

Resumen

El propósito principal de modificar el asfalto base mediante el uso de aceite crudo de palma es el de transformar la viscosidad del asfalto y fabricar una mezcla asfáltica tibia, establecer su desempeño en laboratorio, reducir su costo de producción y compactación, al igual que los gases efecto invernadero y, con ello, la contaminación ambiental y, comparar la nueva mezcla asfáltica con las mezclas asfálticas en caliente. El trabajo de laboratorio inicia con la caracterización de los materiales a utilizar (asfalto base, agregados), continuando con la identificación del porcentaje exacto de aceite crudo de palma que sirva para modificar el asfalto sin perder sus características. Una vez modificado el asfalto, se continúa con la fabricación de la mezcla asfáltica tibia, combinando asfalto modificado y demás agregados. Se espera producir una nueva mezcla asfáltica tibia que cumpla con todas las especificaciones de las Normas INVÍAS y que permita disminuir la viscosidad junto a la misma temperatura de producción; de esta manera se pretende alcanzar una gran ventaja técnica, económica y ambiental sobre las mezclas asfálticas en caliente.

Palabras clave: mezclas asfálticas tibias; asfalto modificado; aceite crudo de palma; viscosidad; temperatura.

Warm asphalt mixes implementing crude palm oil

Abstract

The main purpose of modifying the asphalt base by using crude palm oil is to transform the viscosity of the asphalt and manufacture a warm asphalt mix,

¹ Programa de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Mariana. Correo: anaga.moncayo@umariana.edu.co

² Programa de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Mariana. Correo: cristianro.montero@umariana.edu.co



establish its performance in the laboratory, reduce its production and compaction cost, as well as greenhouse gases and thus environmental contamination, and compare the new asphalt mix with hot asphalt mixes. The laboratory work begins with the characterization of the materials to be used (base asphalt, aggregates), continuing with the identification of the exact percentage of crude palm oil that can be used to modify the asphalt without losing its characteristics. Once the asphalt has been modified, the manufacturing of the warm asphalt mix continues, combining modified asphalt and other aggregates. It is expected to produce a new warm asphalt mix that complies with all the specifications of the INVÍAS Standards and that allows reducing the viscosity at the same production temperature; in this way, it is expected to achieve a great technical, economic, and environmental advantage over hot asphalt mixes.

Keywords: warm asphalt mixes; modified asphalt; crude palm oil; viscosity; temperature.

Misturas asfálticas quentes que utilizam óleo de palma bruto

Resumo

O principal objetivo de modificar a base asfáltica usando óleo de palma bruto é transformar a viscosidade do asfalto e fabricar uma mistura asfáltica quente, estabelecer seu desempenho em laboratório, reduzir seu custo de produção e compactação, bem como os gases de efeito estufa e, portanto, a contaminação ambiental, e comparar a nova mistura asfáltica com misturas asfálticas quentes. O trabalho de laboratório começa com a caracterização dos materiais a serem usados (asfalto de base, agregados), continuando com a identificação da porcentagem exata de óleo de palma bruto que pode ser usada para modificar o asfalto sem perder suas características. Uma vez que o asfalto tenha sido modificado, a fabricação da mistura de asfalto quente continua, combinando o asfalto modificado e outros agregados. Espera-se produzir uma nova mistura de asfalto quente que cumpra todas as especificações das Normas INVÍAS e que permita reduzir a viscosidade na mesma temperatura de produção; dessa forma, espera-se obter uma grande vantagem técnica, econômica e ambiental em relação às misturas de asfalto quente.

Palavras-chave: misturas de asfalto quente; asfalto modificado; óleo de palma bruto; viscosidade; temperatura.

Introducción

Las carreteras tienen un impacto negativo en el medio ambiente, al estar elaboradas con mezclas asfálticas calientes (MAC). Como ya es conocido, las mezclas calientes generan gran consumo de combustibles fósiles, lo cual produce el aumento de los costos de fabricación y un elevado porcentaje de gases contaminantes en la atmósfera. A partir de esto, Fedepalma (como se cita en Sanabria, 2016) menciona que desde hace muchos años, la industria de pavimentos a nivel mundial ha



desarrollado técnicas que permiten disminuir las temperaturas de mezclado y aplicación de las mezclas asfálticas, lo que resulta en menores emisiones de gases contaminantes, razón por la cual se busca minimizar los impactos negativos, presentando las mezclas asfálticas tibias al implementar el aceite crudo de palma (ACP), sin descuidar que, tanto las características de la nueva mezcla como su comportamiento, sean iguales o superiores a las mezclas asfálticas convencionales.

En el caso del aditivo seleccionado podemos mencionar que “la mezcla asfáltica ecológica con aditivo que es el ACP, tiene capacidades de adherencia, durabilidad y ahorro de producción mucho mayores que los asfaltos convencionales mezclados con petroquímicos” (Universidad Nacional de Colombia, 2016, párr. 1).

Este proyecto tiene su origen en una investigación previamente realizada en la Universidad Nacional de Colombia, en donde se adelantó algunos aspectos, pero sin resultados convencionales, por lo cual se retoma y se plantea mejorar tanto el proceso de la investigación como los resultados obtenidos.

Desarrollo

Planteamiento del problema

La atmósfera se está calentando más rápido de lo que debería; desde la revolución industrial la temperatura de la tierra se ha incrementado de manera acelerada por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles -petróleo, gas y carbón-, la remoción de bosques y la construcción (WWF, 2020). De acuerdo con algunos datos recolectados se observó que, el 60 % de la contaminación ambiental se debe a construcciones civiles; a partir de ahí, el 30 % obedece principalmente a la construcción de vías.

Normalmente, la construcción de vías se hace con MAC, las cuales desprenden gases contaminantes en la atmósfera, tanto en su etapa de producción como en su etapa de compactación. Dichos efectos negativos asisten al aumento del calentamiento global en el planeta, generando catástrofes ambientales, aumento del nivel del mar, de la temperatura global del planeta y más. Estas mezclas son calentadas a temperaturas muy altas, debido a que el asfalto debe tener mejor viscosidad para que pueda cubrir las partículas del agregado sin ningún problema. Cuando la mezcla asfáltica está a temperaturas elevadas, se debe compactar acomodando las partículas entre sí y eliminando los vacíos; sin embargo, a medida que disminuye la temperatura en la mezcla asfáltica, se hace más difícil compactar, de manera que es difícil cumplir con el diseño y se pierden las características de desempeño.

Para esta razón, se opta por implementar una nueva mezcla asfáltica que permita ser trabajada a temperaturas menores a las de las MAC, que disminuya el desprendimiento de GEI tan contaminantes y, su costo de fabricación. De acuerdo con estudios preliminares e investigaciones culminadas, se ha notado que el mejor modificador del asfalto es el ACP; por lo tanto, se genera el siguiente interrogante:

¿Qué proceso y en qué cantidades se puede usar el aceite crudo de palma para modificar el asfalto base, de manera que se pueda producir una nueva mezcla asfáltica tibia que sirva para reducir la viscosidad junto con la temperatura de producción de la mezcla?

Metodología

El estudio en desarrollo es de tipo experimental; durante la investigación, el asfalto modificado (bio-asfalto) es evaluado en su desempeño mediante pruebas y ensayos de laboratorio que permiten precisar los principales porcentajes modificadores.

Fase 1. Caracterización del aceite crudo de palma y el asfalto base

Identificación de las empresas productoras de ACP en el departamento de Nariño, para caracterizar, identificar sus componentes y, definir si es coherente utilizarlo como modificador de la viscosidad del asfalto.

En cuanto al asfalto base, se debe tener en cuenta qué tipo de asfalto es; para ello nos guiamos de las Normas INVÍAS (Instituto Nacional de Vías, INVÍAS, 2022) para identificar sus propiedades.

Tabla 1

Especificaciones de cemento asfáltico

Característica	Norma de ensayo	Grado de penetración					
		40 – 50		60 – 70		80 – 100	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Asfalto original							
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s) (0,1 mm)	INV E-706	40	50	60	70	80	100
Punto de ablandamiento (°C)	INV E-712	52	58	48	54	45	52
Índice de penetración	INV E-724	- 1,2	+ 0,6	- 1,2	+ 0,6	- 1,2	+ 0,6
Viscosidad a 60 °C (Pa·s) (P)	INV E-716 o INV E-717	200 (2 000)	-	150 (1 500)	-	100 (1 000)	-
Viscosidad a 135 °C (Pa·s) (P)	o NTC 5117:2017	0,5 (5,0)	-	0,4 (4,0)	-	0,3 (3,0)	-

Característica	Norma de ensayo	Grado de penetración					
		40 – 50		60 – 70		80 – 100	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min) (cm)	INV E-702	80	-	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno (%)	INV E-713	99	-	99	-	99	-
Contenido de agua (%)	INV E-704	-	0,2	-	0,2	-	0,2
Contenido de parafinas (%)	INV E-718	-	3	-	3	-	3
Punto de inflamación mediante copa abierta de Cleveland (°C)	INV E-709	240	-	230	-	230	-
Del asfalto residual, luego de la prueba de acondicionamiento en película delgada rotatoria, según la norma de ensayo INV E-720							
Cambio de masa por calentamiento (%)	INV E-720	-	0,8	-	0,8	-	1,0
Penetración retenida a 25 °C, en porcentaje (%) de la penetración del asfalto original	INV E-706	55	-	50	-	46	-
Incremento en el punto de ablandamiento (°C)	INV E-712	-	8	-	9	-	9
Índice de envejecimiento: relación de viscosidades (60 °C) del asfalto residual y el asfalto original	INV E-716 o INV E-717 o NTC 5117:2017	-	4	-	4	-	4

Fuente: INVÍAS (2022).

Aquí se detalla los diferentes ensayos que se debe realizar al asfalto base de acuerdo con su especificación, para indicar que es de buena calidad y cumple con la norma.

Para la investigación solamente se debe tener en cuenta el rango de datos de los ensayos de la columna 4 en la Figura 1, que corresponde al Asfalto 60-70. Entre estos ensayos se encuentra el de penetración, viscosidad, punto de ablandamiento. Cuando el asfalto es introducido en el horno para envejecerlo, se debe hacer diferentes ensayos como cambio de masa por calentamiento, incremento en el punto de ablandamiento y demás.

Al concluir la caracterización del asfalto base y recolectar los datos en laboratorio, se hace un comparativo para indicar que el asfalto base sí cumple con los rangos de la columna 4 establecidos por INVÍAS (2022).

Fase 2. Determinar el método y las cantidades del aditivo apropiadas para la elaboración del asfalto modificado en cantidades no industriales

Una vez terminada la fase 1, se debe determinar el método apropiado para la modificación del asfalto, considerando que el método usado permita disolver y homogeneizar bien la nueva mezcla de asfalto base y ACP. En ocasiones se observa que la temperatura, el tiempo y la velocidad de revolución son factores principales al momento de homogeneizar la mezcla. Por otra parte, lo más recomendado a la hora de modificar asfaltos con aceites o ceras es usar, principalmente, un 3 %, 5 % y 7 % de aditivo (aceite).



Se hace ensayos de viscosidad para cada porcentaje de ACP usado, se elabora las curvas de viscosidad vs. temperatura y se realiza ensayos de penetración, punto de ablandamiento, índice de penetración y demás indicados en la Tabla 1 del asfalto modificado producido.

Una vez realizado lo anterior, se analiza y se escoge el porcentaje adecuado para modificar el asfalto evitando que pierda sus propiedades, proporcionándole al asfalto modificado, mejor viscosidad a la misma temperatura y que cumpla con las especificaciones de las normas INVÍAS 2022.

Fase 3. Fabricar la nueva mezcla asfáltica tibia, usando el asfalto modificado

INVÍAS (2022) especifica los porcentajes y las cantidades de los agregados y el asfalto requeridos para producir una mezcla asfáltica de buena calidad. Para cumplir con esto, se lleva a cabo la caracterización por medio de ensayos de laboratorio para los materiales que serán utilizados.

Finalizando este proceso, continuamos con la fabricación de probetas para cada porcentaje de asfalto definido anteriormente. Se elabora la mezcla asfáltica usando el método Marshall para ejecutar las pruebas de desempeño dinámico de las mezclas.

Fase 4. Comparación técnica, económica y ambiental entre las dos mezclas

Comparación técnica:

Al comparar la mezcla asfáltica modificada con cierto porcentaje de ACP, se deberá presentar una menor susceptibilidad térmica y aumentar la resistencia al ahuellamiento a altas temperaturas en comparación con las mezclas asfálticas calientes sin aditivo.

Comparación económica:

Al tener que calentar menos el asfalto para llegar a cierta temperatura y hacer la mezcla de asfalto tibio, se ahorra un porcentaje significativo de combustible de maquinaria; esto permite que las emisiones de varios GEI sean menores, siendo el principal, el dióxido de carbono, responsable del calentamiento global.

Comparación ambiental:

La producción aproximada de carbono en las plantas de mezcla de asfalto caliente es de aproximadamente 2 500 toneladas por año. Con el uso de mezclas de asfalto modificado es posible reducir esta cantidad a 1 700 toneladas (Tunala y Escobar, 2019). Intentar reducir 800 toneladas de carbono mediante el asfalto modificado generaría una gran polémica en el medio ambiente.

Resultados obtenidos

Al ejecutar la primera fase de la metodología realizando la caracterización del asfalto base y teniendo en cuenta las especificaciones de las Normas INVÍAS (2022), las pruebas de laboratorio arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 2*Resultados caracterización asfalto base*

Resultados obtenidos en laboratorio - Normas INVIAS			
Característica	Norma de ensayo	Resultado Obtenido	Valor del ensayo según Norma INV
Penetración (25°C, 100 g, 5 seg) (0.1 mm)	INV E-706	6.39 mm	6 mm - 7 mm
Punto de ablandamiento (°C)	INV E-712	51.4 °C	48 °C - 54 °C
Viscosidad a 60°C (Pa.s)(P)	INV E-716 o INV E-717	156 Pa.s	Min 150 Pa.s
Ductibilidad (25°C, 5 cm/min) (cm)	INV E-702	108 cm	Min 100 cm

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 2 representa los ensayos realizados al asfalto, la norma de ensayo de acuerdo con las normas INVÍAS (2022), el resultado obtenido en laboratorio y el rango de datos estipulados según cada norma para cementos asfálticos.

De acuerdo con los ensayos de penetración, punto de ablandamiento, viscosidad y ductilidad realizados, se observa que el asfalto base usado cumple con los rangos requeridos según las especificaciones de las normas INVÍAS (2022); por lo tanto, es óptimo para ser usado y modificado con ACP.

Resultados esperados

Al fabricar una nueva mezcla asfáltica tibia con ACP se reduce la temperatura de producción y compactación en un rango de 30 a 40 °C, manteniendo y mejorando las condiciones y propiedades de trabajo tanto ambientales como de salud del personal encargado. Por ende, se mantiene una ventaja respecto a mezclas asfálticas convencionales.

Se pretende obtener los siguientes resultados:

- Obtener una mezcla asfáltica tibia con mejor trabajabilidad durante todo el proceso de mezclado con alta resistencia al ahuellamiento
- Mejorar la trabajabilidad, adherencia y compactación de las mezclas asfálticas modificadas con ACP
- Reducir el consumo de energía, dando como resultado menores emisiones de GEI
- Disminuir la cantidad de combustible en las plantas y máquinas de producción de mezclas asfálticas



- Permitir una abertura más rápida al tránsito
- Mejorar la estructura de pavimento con características y comportamiento igual o superior a las de una mezcla asfáltica convencional.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados de los ensayos realizados en laboratorio, se puede afirmar que el asfalto base (Asfacón 60-70) caracterizado en laboratorio, sí cumple con las especificaciones de las normas INVÍAS (2022), razón por la cual podrá ser usado en la mezcla asfáltica tibia.

El desarrollo del primer objetivo de la investigación ha sido exitoso; en consecuencia, la investigación continuará cumpliendo cada paso de la metodología para alcanzar los demás objetivos planteados.

En el mundo se ha demostrado que existe gran variedad de tecnologías y productos que permiten producir mezclas asfálticas tibias; sin embargo, el ACP del departamento de Nariño es otra alternativa viable que se puede considerar para este fin, la cual puede brindar beneficios técnicos, económicos y ambientales.

La producción y uso de mezclas asfálticas tibias ofrece una buena solución en cuanto a la minimización del impacto ambiental; más aún, si se analiza la mezcla con ACP, la cual garantiza la disminución de la emisión de GEI debido a la producción y, con ello, el calentamiento de materiales.

Terminadas las pruebas de caracterización del asfalto se nota que las propiedades del asfalto no se ven deterioradas en el proceso, obteniendo como resultado un asfalto de buena calidad.

Referencias

- Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). (2022). Especificaciones generales de construcción de carreteras. <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos/4570-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras>
- Sanabria, L. (2016). Usos del aceite de palma y sus derivados oleoquímicos en la industria de los pavimentos. *Palmas*, 37(Especial Tomo II), 163-172.
- Tunala, A. S. y Escobar, P. P. (2019). *Comparación del comportamiento de mezclas asfálticas tibias (WMA) y mezclas asfálticas en caliente (HMA) con agregados de la mina de Guayllabamba* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/17645>
- Universidad Nacional de Colombia. (2016). Asfalto con aceite crudo de palma. <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/asfalto-con-aceite-crudo-de-palma>.
- WWF. (2020). Cambio climático y energía. https://www.wwf.org.co/que_hacemos/cambio_climatico_y_energia/