

ANÁLISIS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CONVENCIONALES EN CALIENTE UTILIZANDO CEMENTOS ASFÁLTICOS 60/70 Y 85/100 MODIFICADAS CON ADITIVO WARM MIX®

ANALYSIS OF CONVENTIONAL HOT ASPHALT MIXTURES USING 60/70 AND 85/100 ASPHALT CEMENTS MODIFIED WITH WARM MIX® ADDITIVE

MÉRIDA ARDAYA, C., GUZMÁN VASQUÉZ, T. M.

RESUMEN

La utilización de asfaltos modificados ha crecido significativamente en los últimos años debido a sus ventajas en términos de rendimiento, durabilidad y reducción de costos a largo plazo. Asimismo, su uso también contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, al permitir reducir la temperatura de producción y colocación. Los asfaltos modificados pueden ser utilizados en diferentes tipos de pavimentos y carreteras, desde calles urbanas hasta autopistas de alta velocidad. Su uso se ha extendido a nivel internacional. En Bolivia, se ha venido implementando la utilización de asfaltos modificados en algunos proyectos de construcción de carreteras y pavimentos, lo que ha permitido mejorar la calidad y durabilidad de estas vías. Sin embargo, es importante destacar que aún existe un gran potencial para la implementación de tecnologías más avanzadas en la construcción de carreteras y pavimentos en Bolivia, lo que podría mejorar aún más su calidad y durabilidad, y contribuir al desarrollo del país en términos económicos y sociales. Este estudio se enfoca en comparar diferentes mezclas asfálticas en caliente utilizando dos tipos de cementos asfálticos, 60/70 y 85/100 con la incorporación del aditivo Warm Mix®, en Bolivia. Se realizaron pruebas técnicas para evaluar la resistencia, durabilidad y comportamiento de las mezclas ante diferentes condiciones. Los resultados mostraron que las mezclas con el aditivo Warm Mix® presentaron mejoras significativas en resistencia y durabilidad. Además, se encontró que la utilización del cemento asfáltico 60/70 tiene mejores resultados que el cemento asfáltico 85/100. Concluyendo que la utilización de mezclas asfálticas modificadas con el aditivo Warm Mix® puede mejorar significativamente la calidad y durabilidad de las carreteras en Bolivia a largo plazo, lo que puede traducirse en beneficios para la seguridad vial y la economía del país.

ABSTRACT

The use of modified asphalt has grown significantly in recent years due to its advantages in terms of performance, durability and long-term cost reduction. Likewise, its use also contributes to the reduction of greenhouse gas emissions, by allowing the production and placement temperature to be reduced. Modified asphalts can be used on different types of pavements and roads, from urban streets to high-speed highways. Its use has spread internationally. In Bolivia, the use of modified asphalt has been implemented in some road and pavement construction projects, which has improved the quality and durability of these roads. However, it is important to highlight that there is still great potential for the implementation of more advanced technologies in the construction of roads and pavements in Bolivia, which could further improve their quality and durability, and contribute to the development of the country in economic and social. This study focuses on comparing different hot asphalt mixes using two types of asphalt cements, 60/70 and 85/100 with the incorporation of the Warm Mix® additive, in Bolivia. Technical tests were carried out to evaluate the resistance, durability and behavior of the mixtures under different conditions. The results showed that the mixtures with the Warm Mix® additive presented significant improvements in resistance and durability. Furthermore, it was found that the use of 60/70 asphalt cement has better results than 85/100 asphalt cement. Concluding that the use of asphalt mixtures modified with the Warm Mix® additive can significantly improve the quality and durability of roads in Bolivia in the long term, which can translate into benefits for road safety and the country's economy.

PALABRAS CLAVE

Cemento asfáltico modificado
Aditivo Warm Mix®
Ensayo de Marshall

KEYWORDS

Modified asphalt cement
Warm Mix® Additive
Marshall Test

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad hasta el día de hoy el asfalto ha sido utilizado como cemento para ligar, cubrir o impermeabilizar objetos de distintos componentes. Se puede decir que es el material de ingeniería más antiguo utilizado por el hombre. A principios del siglo XIX, el descubrimiento del asfalto refinado por medio de la destilación del petróleo crudo y el auge de la industria automovilística, dio lugar al aumento en el consumo de éste. Fue utilizado como material para pavimentar caminos y otras aplicaciones. (Acosta, 2016)

Actualmente el asfalto, para el Ingeniero Civil, es un material de particular interés ya que es un aglomerante resistente, altamente impermeable, muy adhesivo y duradero. Es un material práctico que da flexibilidad controlable a las mezclas de agregados pétreos que son con las que se combinan usualmente. En la actualidad esta mezcla se destina a un amplio y funcional número de aplicaciones. Se emplea significativamente en la construcción de carpetas, superficies de rodamiento, revestimientos de obras hidráulicas, impermeabilización de edificaciones, etc. (Sánchez, 2016).

Aunque es una sustancia sólida o semisólida a temperaturas atmosféricas ordinarias, pueden licuarse fácilmente por la aplicación de calor, por la acción de disolventes de volatilidad variable o por emulsificación. (Marín Hernandez, 2004)

En Bolivia se tiene una gran diversidad de ecosistemas: andinos, amazónicos, chaqueños, etc., cada uno con características únicas, las cuales se deben tomar en cuenta al momento de elegir el cemento asfáltico adecuado para la zona en la cual se esté trabajando, además de que cada zona posee distintos tipos de suelos propios de la región y una gran diversidad de climas. (Área de Tecnología y Sistemas de Información - ABC., 2016).

En las carreteras de nuestro país, una de las principales fallas en los pavimentos asfálticos, son las deformaciones permanentes resultado de los millones de repeticiones de carga que sufre el pavimento a lo largo de los años, y la carencia o mala calidad de los materiales pétreos que hay en las construcciones. También se debe considerar el agrietamiento por fatiga, agrietamiento de tipo térmico debido a las gradientes de temperatura en una determinada región. Existe un sin número de productos que modifican el asfalto convencional y con ello mejorar el desempeño de los pavimentos. Una de las alternativas utilizadas es el aditivo Warm Mix® para mezclas asfálticas.

La finalidad de modificar los cementos asfálticos convencionales es mejorar sus propiedades y demostrar, a través de pruebas en laboratorio, las ventajas del uso del aditivo, aplicados en la elaboración de mezclas de concreto asfáltico, diseñados para condiciones de climas calientes y tibios. El uso de asfaltos modificados se ha vuelto una práctica común dentro del campo de la ingeniería de carreteras, particularmente en los países vecinos. En efecto, la necesidad de construir pavimentos que sean capaces de ofrecer altos niveles de desempeño a lo largo de un periodo de tiempo, se ha vuelto una obsesión dados los altos costos de mantenimiento y de operación. (Chacón, 2019).

Warm Mix® es un aditivo que ayuda a mejorar la compactación en mezclas tibias. Las mezclas asfálticas, al ser producidas en plantas que la mayoría de las veces no se encuentra cerca de la obra, pueden llegar a ocasionar que la mezcla asfáltica llegue a perder su temperatura. Esto significa que, aunque la mezcla pueda ser compactada, no alcanzará a mejorar sus propiedades. Las mezclas asfálticas, para llegar a tener una densidad de acuerdo con lo diseñado, se deben compactar a cierta temperatura. Si está baja se podrá compactar la mezcla, pero no llegará a la densidad necesaria y generará excesivos vacíos en la mezcla.

La Administradora Boliviana de Carreteras, ABC, se enfrenta al reto de mantener y desarrollar una estructura de pavimento que pueda brindar mayor seguridad, durabilidad frente a los factores climáticos y una capacidad portante que pueda resistir el incremento de las cargas de tránsito en todas las carreteras del país.

Con el fin de contrarrestar lo anteriormente expuesto, se han elegido cementos asfálticos que sean adecuados para las zonas específicas y contengan buena calidad de material pétreo para la mezcla y así modificarlas mediante la adición de aditivo. Este trabajo se basa en la utilización de cementos asfálticos con propiedades y características particulares.

El país tiene diversidad de climas, así que debido a esta particularidad se deben utilizar distintos tipos de cementos asfálticos como los de penetración 60/70 y 85/100. En la actualidad, los asfaltos tradicionales utilizados muestran limitaciones y características que no cumplen con las necesidades y requisitos del tráfico vehicular.

Las consecuencias de este problema están relacionadas con los altos costos de mantenimiento, además de la interrupción constante del flujo vehicular, reconstrucción prematura de pavimentos y retraso en el desarrollo vial. Hay que tomar en consideración que la calidad de los materiales es una de las razones de mayor peso ya que de éstos depende un buen producto final, para que la mezcla asfáltica cumpla con todos los requerimientos para la que fue diseñada, que tenga una durabilidad aceptable y cuya relación costo-beneficio sea óptima.

En virtud de lo cual se investigaron alternativas de solución, desde la modificación de los cementos asfálticos, incorporando materiales de distinta naturaleza como los aditivos, que pueden satisfacer las necesidades que requiere la mezcla asfáltica convencional ante las variaciones del cambio climático, para aumentar su vida útil.

DESARROLLO

Las características de los agregados a utilizar en el estudio de cementos asfálticos 60/70 y 85/100 modificadas con aditivo Warm Mix®, se indican en la tabla 1.

Tabla 1. Caracterización de agregados utilizados para el estudio de cementos asfálticos modificados con el aditivo Warm Mix®

Ensayo	Resultado
Granulometría	Tipo C Según ABC
Equivalente arena, %, ASTM D2419, AASHTO T176-00	96,630
Desgaste mediante la máquina de los ángeles, %, ASTM C131, AASHTO T-96	31,800
Densidad real, densidad neta y absorción de agua en áridos finos, %, AASHTO T-84	0,370
Densidad real, densidad neta y absorción de agua en áridos gruesos, %, AASHTO T-84	2,105

Se realizaron los ensayos correspondientes para obtener la caracterización de los cementos asfálticos convencionales 60/70 y 85/100 para que dichos materiales se encuentren bajo

norma y cumplan con todos los parámetros reflejados en las especificaciones.

La determinación de la densidad según normas ASTM D71-94, y AASHTO T229-97 indicó que las densidades de ambos cementos asfálticos fue de 1,02 g/cm³ que se encuentra dentro de los valores admisibles (1 – 1.05 g/cm³) especificado en el manual de la Administradora Boliviana de Carreteras (2011).

Se realizó el ensayo de penetración en el cemento asfáltico para determinar la dureza mediante la norma AASHTO T49-97 – ASTM D5. Los resultados obtenidos fueron 63 para el cemento asfáltico 60/70 y 85 para el cemento asfáltico 85/100.

Se procedió a la realización del ensayo de la mancha, AASHTO T102-83, a los dos cementos asfálticos, logrando obtener resultados negativos en ambos casos.

La ductilidad de un material bituminoso es la longitud, medida en cm, la cual se elonga antes de romperse en dos partes, ASTM D113, AASHTO T51-00. El cemento asfáltico 60/70 presentó un promedio de 1,355 m, mientras el cemento asfáltico 85/100 presento 1,300 m.

El ensayo de película delgada según las normas ASTM D1754, AASHTO T179-05 indicó 13,42 % para el cemento asfáltico 60/70 y del 12,32 % para el cemento asfáltico 85/100.

En la tabla 2 se reportan los resultados del punto de inflamación y combustión de los cementos asfálticos utilizados.

Tabla 2. Puntos de Inflamación y Combustión de cemento asfáltico

	60/70	85/100
Punto de combustión, °C	310	306
Punto de inflamación, °C	285	280
Especificación, °C	> 232	> 235

Se determinó el punto de ablandamiento con el Anillo de Bola según normas ASTM D38, AASHTO T53-98.

El punto de ablandamiento de los cementos asfáltico fue:

60/70	54,45 °C,
85/100	53,50 °C.

Se determinó la viscosidad empleando un viscosímetro rotacional Brookfield, bajo la norma ASTM D4402-06, AASHTO TP-48. Los resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Viscosidad de los cementos asfálticos mediante el viscosímetro de Brookfield

	60/70	85/100
Temperatura de mezclado, °C	161,0	145,0
Viscosidad, cp	180,0	208,0
Temperatura de compactación, °C	150,0	140,0
Viscosidad, cp	302,5	298,0

Aplicando el método Marshall se realizaron muestras de prueba normalizadas (briquetas) de 2½ in de espesor por 4 in de diámetro (64 x 102 mm). Las briquetas se prepararon siguiendo la norma AASHTO T 245-97. En la tabla 4 se indican la altura de las briquetas.

Tabla 4. Altura de las briquetas en cm

Cemento asfáltico, %	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
Convencional 60/70	6,63	6,58	6,60	6,43	6,43
Modificado 60/70	6,47	6,45	6,46	6,42	6,41
Convencional 85/100	6,60	6,55	6,58	6,43	6,41
Modificado 85/100	6,52	6,48	6,50	6,39	6,37

Los resultados del ensayo de Marshall: Determinación de la densidad de la mezcla compactada, estabilidad y fluencia, porcentaje de vacíos, vacíos en el árido mineral, VAN, vacíos rellenos con asfalto, RBV, se indican en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados del método Marshall

Cemento asfáltico, %	Convencional 60/70	Modificado 60/70 con 0,8% de aditivo Warm Mix®	Convencional 85/100	Modificado 85/100 con 0,8% de aditivo Warm Mix®
Estabilidad	2951,4	3182,1	2804,4	2960,5
Densidad	2,298	2,310	2,299	2,295
% de Vacíos	3,41	3,20	3,15	4,00
Fluencia	11,74	10,64	11,32	10,28
RBV	78,75	79,78	80,70	78,37
V.A.M	16,05	15,87	16,30	16,51
% Optimo	5,60	5,55	5,83	5,69

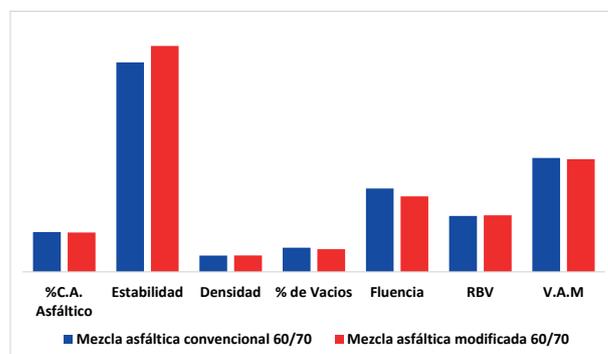


Figura 1. Comparación de las características mezcla asfáltica convencional y modificada 60/70

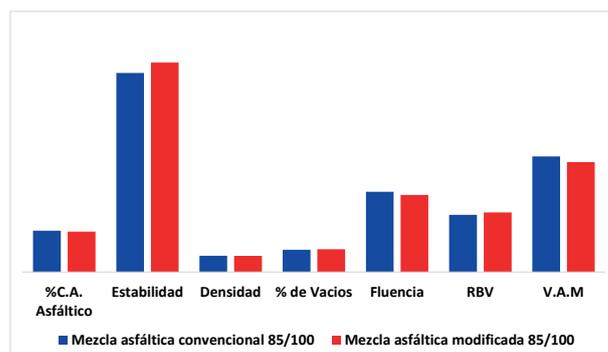


Figura 2. Comparación de las características mezcla asfáltica convencional y modificada 85/100

DISCUSIÓN

El aditivo Warm Mix® mejoró la compactación de la mezcla asfáltica obteniendo un porcentaje menor al asfalto convencional en ambas mezclas asfálticas, hecho importante a tener en cuenta porque la compactación afecta directamente la durabilidad y la resistencia del pavimento. El uso del aditivo aseguró una compactación que garantizó que los agregados y el asfalto estén bien unidos y evitó la formación de huecos en la mezcla, fenómeno que lleva a la aparición de grietas y baches.

Se observó que la mezcla asfáltica modificada en los dos tipos de mezclas asfálticas 60/70 y 85/100 ocupa menor porcentaje de cemento asfáltico, consiguiéndose así un ahorro de material. También se observó que la estabilidad de una mezcla asfáltica modificada con el aditivo Warm Mix® es mayor ya que mejora la cohesión y la adherencia de las partículas.

Se observó que la densidad en la mezcla asfáltica convencional 60/70 es menor a la modificada con el aditivo Warm Mix hecho que mejora la compactación y la trabajabilidad indicando que las partículas de asfalto se unen más estrechamente y forman una estructura más densa. En cambio, la densidad de la mezcla asfáltica convencional 85/100 es mayor a la modificada con el aditivo Warm Mix® ya que las condiciones ambientales durante el ensayo afectaron en su resultado al ser elaborados en climas lluviosos debido al plazo en que se debía entregar el proyecto, además que el equipo de medición presentó problemas de calibración.

El % de vacíos de la mezcla asfáltica modificada es menor al de una mezcla convencional 60/70 por lo que, debido al menor porcentaje de vacíos de una mezcla asfáltica, se produce una disminución en la porosidad y, en consecuencia, una disminución de la penetrabilidad del aire y del agua en el pavimento, haciendo que aumente la vida útil del pavimento.

Es necesario que dichas mezclas presenten un porcentaje de vacíos que permitan una compactación posterior a la aplicación de cargas y esfuerzos generados por el tráfico. En la fluencia se pudo observar que las mezclas asfálticas modificadas para ambos cementos asfálticos presentaron una menor fluencia que la mezcla asfáltica convencional.

Esto se debió a que al aumentar el contenido de asfalto el valor del flujo aumenta, por eso se tiene que en la mezcla modificada el valor de la fluencia es menor ya que el porcentaje óptimo de la mezcla modificada es menor que el de la mezcla convencional.

En los vacíos del agregado mineral las mezclas asfálticas modificadas, para ambos cementos asfálticos, la disminución del porcentaje de vacíos se debió a que se tiene un porcentaje de asfalto menor que en la mezcla convencional, es decir, a medida que aumenta el porcentaje de asfalto utilizado, también aumenta el porcentaje de vacíos en el agregado mineral. Esto indica que cuando mayor sea el VAM más espacio habrá disponible para las películas de asfalto.

Este valor se basa en el hecho de que cuanto más gruesa sea la película de asfalto que cubre las partículas de agregado, más durable será la mezcla. Los vacíos llenos con asfalto, para ambas mezclas asfálticas, muestran el volumen de asfalto efectivo expresado como el porcentaje de VAM, indicando estos valores que debe adicionarse suficiente cemento asfáltico para compensar la absorción y recubrir las partículas con un espesor adecuado de asfalto.

El aditivo Warm Mix® mejora la compactación y reduce el porcentaje óptimo de asfalto en la mezcla asfáltica modificada, sin afectar las propiedades mecánicas de la mezcla, logrando, por el contrario, una mejora sustancial que garantiza la vida útil del pavimento.

REFERENCIAS

- ACOSTA, J. H. (2016). TRABAJO DE MONOGRAFÍA PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN VÍAS TERRESTRES. CARTAGENA
- ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERAS (2011). ÁREA DE TECNOLOGÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN - ABC. (8 DE JUNIO DE 2016). ADMINISTRADORA BOLIVIANA DE CARRETERAS-ABC. OBTENIDO DE [HTTP://WWW.ABC.GOB.BO/#](http://www.abc.gob.bo/#)
- CHACÓN (2019). ASFALTOS MODIFICADOS SBS Y SU COMPORTAMIENTO EN CARRETERAS PAVIMENTADAS. CIMIENTOS, 1.
- MARÍN HERNÁNDEZ, A. (2004). ASFALTOS MODIFICADOS Y PRUEBA DE LABORATORIOS PARA CARACTERIZARLOS. MÉXICO, DF
- SÁNCHEZ, L. A. (2016). ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON POLVO DE NEUMÁTICO SOMETIDA AL EFECTO DEL CONGELAMIENTO. MORELIA.

CITA

