

REVISIÓN TEÓRICA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS CON POLÍMEROS EN COLOMBIA

THEORETICAL REVIEW OF POLYMER MODIFIED ASPHALT MIXTURES IN COLOMBIA

Carlos Alberto Martínez Henao

carlosmartinez@usantotomas.edu.co

Resumen: el artículo sintetiza y tiene como objetivo realizar una revisión teórica acerca de las mezclas asfálticas modificadas con polímeros en Colombia definiendo ventajas y desventajas de los diferentes polímeros utilizados además de determinar los proyectos en los cuales se han intervenido en Colombia. De ese modo se identifican las principales características que presentan los asfaltos modificados, sus propiedades y condiciones, definiciones y conceptos generales tanto de los asfaltos como los polímeros, además de la relación que ambos tienen respecto a una mezcla convencional y una modificada. Adicionalmente, se identifican las diferentes ventajas y desventajas, obteniendo como resultado, un alto rendimiento de este tipo de mezclas modificadas con la observación de su alto costo inicial pero mínimo en una proyección a largo plazo. También se identifica que es muy limitado la cantidad de proyectos que hoy por hoy en Colombia desarrollan este tipo de tecnología, de modo que se recomienda no solo continuar con este tipo de trabajos, si no una aplicación que venga desde las entidades del estado para la implementación en los contratos gubernamentales y con esto, se impulse el desarrollo de las mezclas asfálticas con polímeros, lo que a su vez disminuiría el impacto ambiental en re implementación de estos materiales.

Palabras clave: aplicaciones, mezclas asfálticas, polímeros, propiedades, ventajas.

Abstract: The article synthesizes and aims to carry out a theoretical review about asphalt mixtures modified with polymers in Colombia, defining advantages and disadvantages of the different polymers used in addition to determining the projects in which they have been intervened in Colombia. In this way, the main characteristics of modified asphalts, their properties and conditions, definitions and general concepts of both asphalts and polymers are identified, in addition to the relationship that both have with respect to a conventional and a modified mixture. Additionally, the different advantages and disadvantages are identified, obtaining as a result, a high performance of this type of modified mixtures with the observation of its high initial cost but minimum in a long-term projection. It is also identified that the number of projects that today in Colombia develop this type of technology is very limited, so it is recommended not only to continue with this type of work, but also an application that comes from state entities for the implementation in government contracts and with this, the development of asphalt mixtures with polymers is promoted, which in turn would reduce the environmental impact in re-implementation of these materials.

Keywords: advantages, applications, asphalt mixtures, polymers, properties.

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad por satisfacer los requerimientos que hoy en día tienen los proyectos viales, hace necesario este tipo de documentos donde se motiva y se incentiva este conocimiento a partir de la revisión teórica acerca de las mezclas asfálticas modificadas con polímeros en Colombia. Siendo los proyectos viales un factor de suma importancia para el desarrollo económico y en general de cualquier región. Por tanto, el artículo pretende determinar las características principales que presentan los asfaltos modificados a través de la definición de conceptos generales como es asfalto, las mezclas modificadas, características como durabilidad estabilidad, impermeabilidad, entre otras que definen a este tipo de mezclas.

Adicional se presenta un apartado de los polímeros, los cuales se definen y a su vez se categoriza de acuerdo al tipo, definiendo las ventajas que tienen cada uno de estos por si solos al emplearse en una mezcla asfáltica modificada y es que la importancia de esto recae además en la generación de desechos y residuos plásticos generando afectación ambiental de modo que es necesario su reutilización a través de alternativas que impulsen su aprovechamiento. Que no solo se ve reflejado desde el punto de vista ambiental si no a partir de todas ventajas que este material en las diferentes mezclas.

De igual manera, las aplicaciones en los proyectos hoy en día son muy limitadas, afirmando la necesidad de aplicar tecnologías contractivas mediante la solución de modificar el asfalto y con los

beneficios que permite el asfalto como mayores periodos de diseño, mejora en las propiedades y una mayor vida útil respecto a los asfaltos convencionales.

Po tanto, el artículo enmarca un espacio en la investigación, actualización y recopilación de la información referente con la responsabilidad que tenemos con ingenieros civiles. Considerando las fallas que en la actualidad se presentan en la malla vial de Colombia y mostrando como alternativa de solución para este problema gracias a los asfaltos modificados con polímeros.

2. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

Se considera pavimento a la unión de diferentes capas de materiales, las cuales reciben cargas de transito de forma directa, estas además las trasmite a los estratos de las capas inferiores en magnitudes inferiores debido a que estas se logran disipar, y con esto proporcionar una superficie de rodamiento.

El pavimento está condicionado por diferentes aspectos como su diseño, el transito uso y la resistencia que debe tener con el fin de soportar y disipar los esfuerzos ocasionados por el tránsito de vehículos y condiciones climáticas. [1]

En Colombia, en la actualidad existen diferentes aplicaciones en cuanto a la investigación y el desarrollo como tal de mezclas asfálticas pues estas son extensas, sin embargo, con menores a las realmente construidas con dicha tecnología.

De acuerdo a lo anterior, artículo busca en la definición de las diferentes características de los asfaltos modificados, las ventajas que estos contienen y los diferentes proyectos donde se han empleado este tipo de asfaltos.

2.1 Asfalto

Se denomina asfalto al material bituminoso principalmente de color negro, el cual está constituido por asfaltenos, resinas y aceites, elementos que proporcionan características de consistencia, aglutinación y ductilidad [2], este a su vez puede ser solido o semisólido, además tiene propiedades cementantes a temperatura ambiente.

2.1.1 Mezcla asfáltica modificada

Con el fin de mitigar los impactos ambientales, y la necesidad por mejorar los procesos de los derivados con el petróleo, diferentes investigaciones han centrado su conocimiento en identificar el mejoramiento de mezclas asfálticas con el uso modificadores, sin que estas pierdan sus propiedades físicas o reológicas

2.1.2 Propiedades físicas

Dentro de las propiedades físicas que se tienen en cuenta para la construcción, diseño y mantenimiento de pavimentos se muestran en la figura 2:

Tabla 1 Propiedades Físicas de los asfaltos

Propiedad	Descripción
Durabilidad	Es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento.
Adhesión	Es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación
Cohesión	Es la capacidad del asfalto de mantener firmemente, en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.
Susceptibilidad a la temperatura	Todos los asfaltos son termoplásticos; esto es, se vuelven más duros a medida que su temperatura disminuye, y más blandos a medida que su temperatura aumenta.

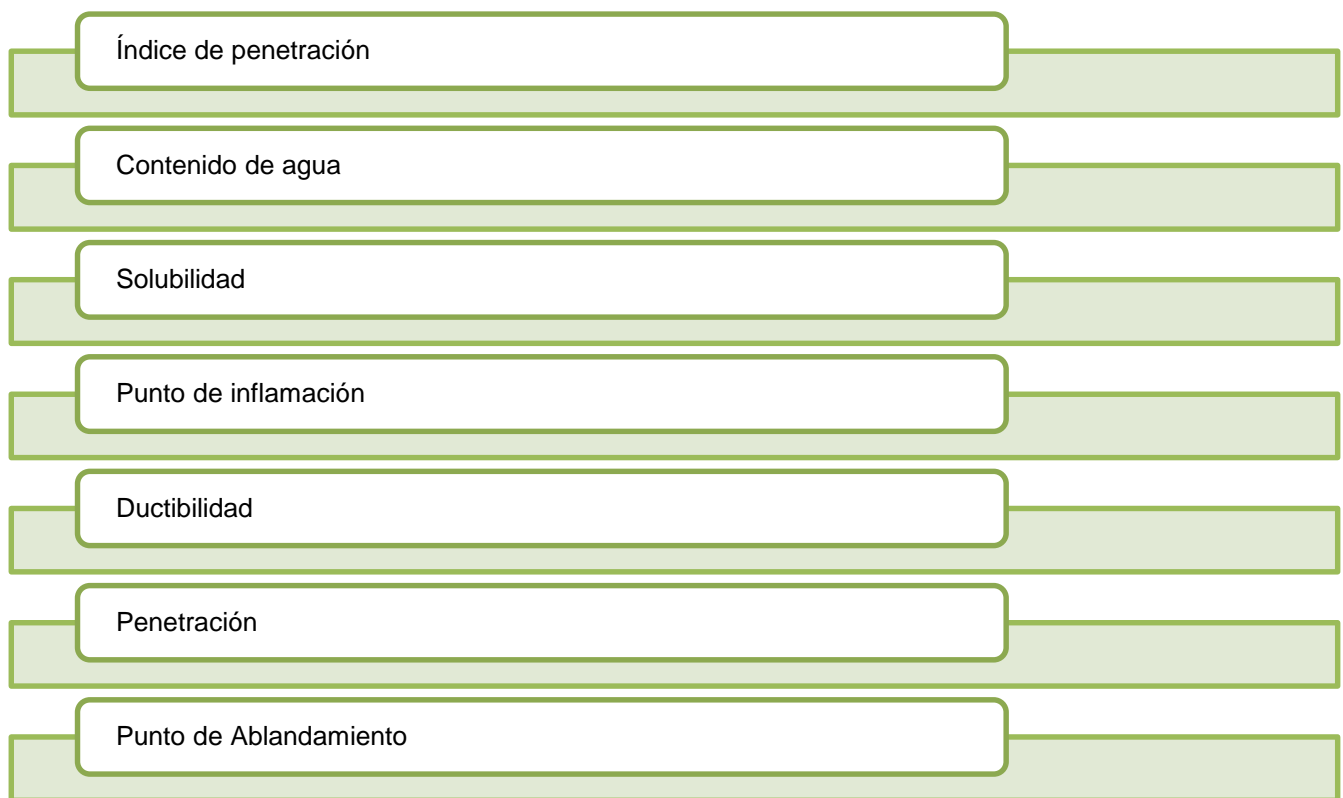
Endurecimiento y envejecimiento	Causado principalmente por el proceso de oxidación, el cual ocurre más fácilmente a altas temperaturas y en películas delgadas de asfalto.
---------------------------------	--

Nota: por Heano,2021. A partir de [2]

2.1.3 **Propiedades reológicas**

Las propiedades reológicas son la capacidad que tiene el asfalto para soportar las cargas de tránsito, tomando como variable, la deformación y el flujo, estas propiedades se analizan a partir de ciertos ensayos de laboratorios que de acuerdo [3] propone y se muestran a continuación.

Figura 1 Propiedades Reológicas de los Asfaltos



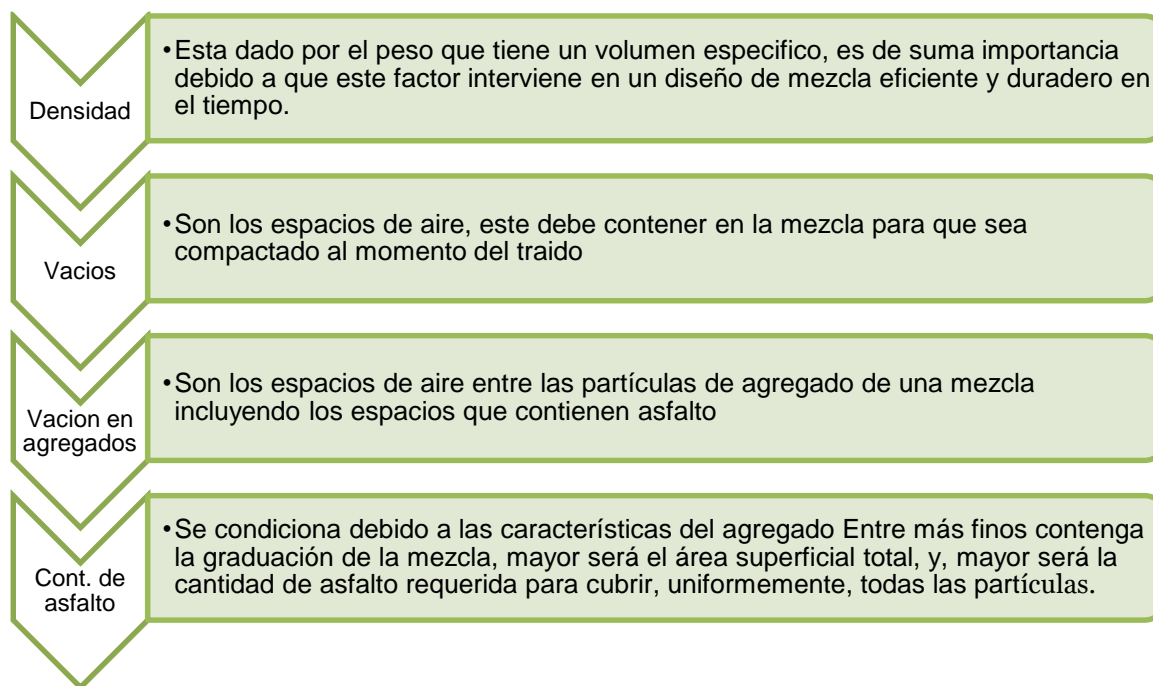
Nota: por Heano,2021. A partir de [3]

2.1.4 **Características de mezclas asfálticas modificadas**

Por lo general, las mezclas asfálticas, son analizadas en laboratorios, y con esto se pretende determinar el desempeño de la estructura diseñada, este está dado principalmente a analizar el comportamiento de la mezcla y se analizan las siguientes características.

- Densidad
- Vacíos
- Vacíos en los agregados
- Contenido de asfalto

Figura 2 Características de las Mezclas Modificadas



Nota: por Heano,2021. A partir de [3]

Por su parte es necesario tener en cuenta ciertas características consideradas para el diseño de mezclas, las cuales deben ajustarse de acuerdo a los diferentes proyectos que lo demanden

2.2 Asfaltos modificados

Las mezclas asfálticas modifica es el resultado de la incorporación de aditivos que son estables en un periodo y además no sufren cambios ante cambios de temperatura con el fin de analizar y modificar propiedades como el envejecimiento, la resistencia al agua, la respuesta elástica, la cohesión, entre otros.

De acuerdo a [4] los modificadores aumentan la resistencia de las mezclas asfálticas cuando estas se someten a esfuerzos de tensión por repetición de cargas o a deformaciones, además, reducen el agrietamiento y problemas ante la variación de la temperatura.

Por otra parte [5] afirma que los ligante demuestran una capacidad para mejorar el comportamiento frente a una mezcla convencional o tradicional. Además, estos se pueden ajustar a las necesidades que requiera cada uno de los proyectos.

3. RESULTADOS

3.1. características y efectos de los plásticos con el bitumen

De acuerdo al desarrollo de la revisión de fuentes secundarias se sintetiza y obtiene como resultado que los efectos de los polímeros con el bitumen son:

Tabla 2 Efectos de los plásticos con el bitumen

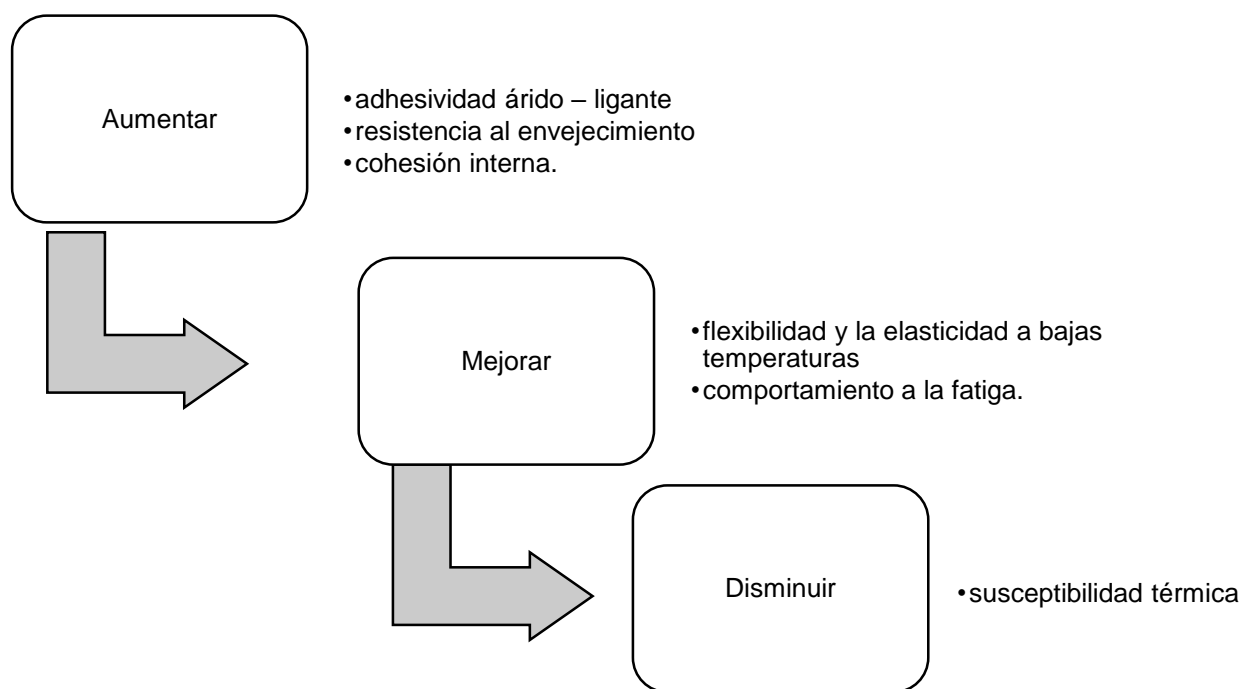
EFEECTO	CARACTERISTICAS
Bloqueante	Las tiras plásticas en los granos pueden llenar los vacíos del esqueleto granulométrico a la hora de compactar.
De estructura	Las fibras o tiras plásticas crean entre los granos del granular uniones.
Sobre Ligante	La disolución verdadera o la dispersión del estado fundido de material plástico en la mezcla hace aumentar la viscosidad del ligante

Nota: por Heano,2021. A partir de [5]

Como consecuencia de estos efectos se producen los siguientes resultados:

- Aumentar la compactación
- Aumento de la resistencia de la capa
- Disminución del consumo de energía
- Susceptibilidad térmica

Figura 2 Objetivo de la modificación de asfaltos



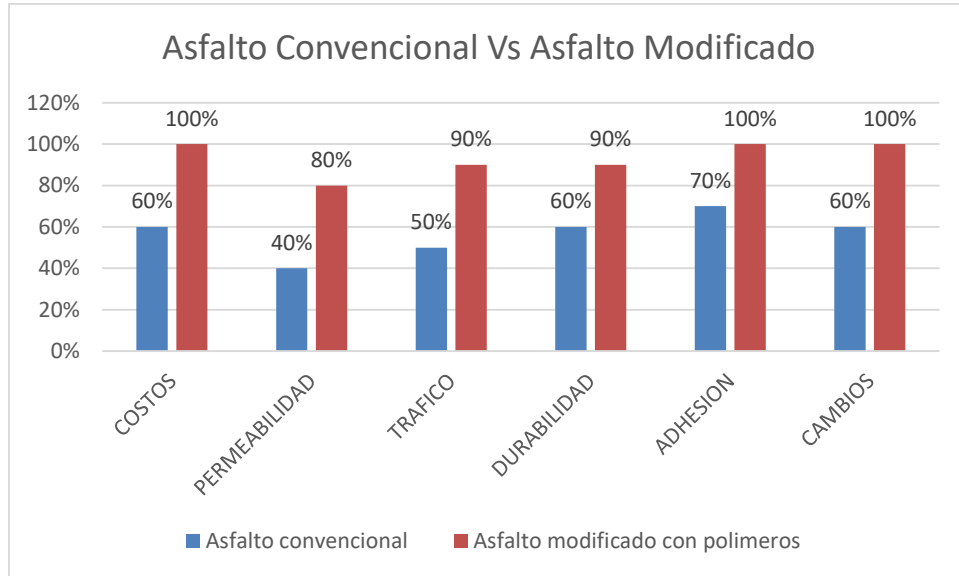
3.2 Ventajas y desventajas de los polímeros en la modificación de las mezclas asfálticas

3.2.1. Ventajas

Una vez mencionadas algunas de las ventajas que tienen los asfaltos modificados con polímeros respecto a los convencionales, se decide dedicar un apartado puntualmente a este tema, dada la importancia que tienen estos asfaltos el impacto no solo ambiental si no en la industria de la ingeniería.

De acuerdo a [6] para conocer las ventajas de un asfalto modificado con polímero es necesario compararlo y que mejor que con uno convencional, donde según como lo comenta herrera se obtiene la siguiente gráfica:

Figura 3 Diferencias Asfaltos convencionales y asfalto modificado con polímeros



Nota: Por Martínez, 2021 adaptado de [6]

Según lo observado en la gráfica, los asfaltos modificados con polímeros llegan a alargar la vida útil de un pavimento incluso hasta una tercera parte mayor, sin embargo, tienen un costo inicial de un 25%, que a largo plazo podría representar mejora en el mismo. A pesar del buen rendimiento de las propiedades mecánicas de los asfaltos convencionales, el crecimiento del volumen del tránsito y las condiciones atípicas en el clima hacen necesario optimizar estos procesos. Y con esto, tal como argumenta [7], los asfaltos convencionales no logran superar las expectativas en la totalidad

Del mismo modo a continuación se presentan algunas ventajas en los asfaltos modificados con polímeros y las ventajas por si solas de estos:

Figura 4 Ventajas de los Polímeros



Nota: por Heano,2021. A partir de [8]

De igual manera y en términos generales las ventajas de los asfaltos modificados son las siguientes:

- Mejor costo- beneficio que los asfaltos convencionales
- Mejora la trabajabilidad y compactación de la mezcla, esto debido a que el lubricante del polímero con el que se mezcla permite dicha reacción
- Mejor sellado en las fisuras.
- Mayor durabilidad, según los ensayos de envejecimiento además de una mayor resistencia al cambio sin cambio de las propiedades.
- Contienen superficies que duran además tienen alta cohesión, característica principal de los polímeros.
- Mejora en la adhesión de la sub- base y la carpeta de rodamiento con los ligante mejorados.

- Mayor resistencia al ahuellamiento y la deformación por repetición de cargas vehiculares o por cambios climáticos
- Disminución de la susceptibilidad térmica
- Mayor elasticidad, y por ende mayor resistencia a la flexión

Adicional en la tabla a continuación se identifican otras ventajas tales como las mecánicas, térmicas, económicas, vida útil, físicas y ecológicas.

Tabla 3 Ventajas de asfaltos modificados

Tipo de Ventaja	Descripción
Ecológica	<ul style="list-style-type: none"> • Gracias a su enlace y esqueleto de carbono, son materiales orgánicos.
Físicas	<ul style="list-style-type: none"> • Mejor adherencia a los agregados • Mejor comportamiento a diferentes temperaturas • Mejora relación viscosidad- temperatura • Mayor intervalo de plasticidad • Mayor cohesión • Mayor resistencia a la acción del agua • Mayor prolongación de vida útil al almacenamiento • Mayor espesor de película sobre el agregado
Vida útil	<ul style="list-style-type: none"> • Se deteriora por la trituración o abrasión más que por falta de asfalto con algunos tipos de polímeros • Algunos polímeros proporcionas excelente resistencia al envejecimiento • Menos trabajos de conservación, por vida útil mayor • Rigidez ayuda a soportar largos tiempos de carga sin tener deformaciones considerables que afecten la estructura del asfalto
Económicas	<ul style="list-style-type: none"> • Costo variable según el proceso de polimerización y disponibilidad de los monómeros • Fácilmente disponible en el mercado
Térmicas	<ul style="list-style-type: none"> • Menos susceptibilidad térmica • Menor fatiga en climas de calor • Algunos deformables a temperatura ambiente
Mecánica	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor resistencia a deformación permanente • Mayor resistencia a cambios de temperatura tensiones y tiempos de carga • Elevada resistencia mecánica • Resistencia a la tracción • Disminución en la exudación del asfalto • Mayor cohesión • Mejor impermeabilización • Disminución en el nivel de ruido sobretodo en mezclas abiertas

Nota: por Heano,2021. A partir de [9]

3.2.2. Desventajas

- Costo de polímeros altos
- Extremos cuidados en la elaboración de la mezcla
- Un mayor y mejor tratamiento de los agregados ya que no deben estar húmedos ni sucios
- La temperatura mínima de distribución debe ser de un promedio de 145 °C por su rápido endurecimientos
- Algunas dificultades con el mezclado dependiendo del polímero empleado.

Uno de los temas más importantes en cualquier tipo de aplicación en la ingeniería y en todo campo en general es el factor financiero. De modo que [9] analizó como era el comportamiento del costo a través del tiempo concluyendo que el elevado costo inicial se compensa en la reducción de conservación y mantenimiento, datos evidenciados en la siguiente figura:

Figura 5 Relación Costo- Tiempo



Nota: Por [9]

Tabla 4 Ventajas y desventajas de asfaltos modificados

Ventajas	Desventajas	Carácter
Disminución Susceptibilidad térmica por mayor elasticidad		Técnico
Mejora a la resistencia a la deformación por tener mayor resistencia		Constructivo / Técnico
Superficies durables con alta cohesión		Constructivo
Mayor resistencia al envejecimiento		Constructivo
Mejor sellado de fisuras		Constructivo
Mejor Relación Costo- Beneficio		económico
Elevada resistencia mecánica		Técnico (Mecánico)
Mayor cohesión		Técnico (Mecánico)
Mejor Impermeabilización		Técnico (Mecánico)

Disminución de ruidos		Constructivo
Disminución de fragilidad a cambio de clima		Técnico (Térmico)
Mejor Adherencia de los agregados		Técnico (Físico)
Mayor intervalo de plasticidad		Técnico (Físico)
Permiten mayor espesor de la película de asfalto sobre el agregado		Técnico (Físico)
Polímeros son basados en un esqueleto de carbono por tanto son materiales orgánicos		Ambiental
	Alto costo	Económico
	Mezclado con personal altamente capacitado	Constructivo
	Extremos cuidados al momento de la mezcla	Técnico
	Cuidado en los agregados que no deben estar húmedos ni sucios	Constructivo
	Temperatura mínima de distribución de 145 °C	Técnico

3.3. proyectos implementados con asfaltos modificados en Colombia

A partir de una búsqueda exhausta y detallada de la identificación de cuales han sido los proyectos en los cuales se ha intervenido con un asfalto modificado con polímeros es realmente reducida, evidenciando que las aplicaciones de este tipo de modificaciones aún no se llevan a cabo de manera masiva debido a su alto costo de inversión inicial [4] esto podría verse argumentado en que la mayoría de los contratos hoy en día son por construcción y diseño mas no mantenimiento, costo que no se tiene en cuenta en las etapas iniciales.

Sin embargo, es importante resaltar el alto campo a nivel académico que se encuentra en el tema, evidenciando una amplia posibilidad de aplicación. Para esto es importante mencionar que a pesar del campo académico que se tiene, en la actualidad ya se puede encontrar en el mercado este tipo de asfaltos modificados, en cumplimiento con la normativa colombiana y con sus fichas técnicas respectivas[10] .

De acuerdo a lo anterior, se identifican proyectos de aplicación de asfaltos modificados con polímeros para ejercicios académicos o aplicaciones en vías terciarias y secundarias cada una de ellas en tramos cortos y que generalmente son con los fines anteriormente enunciados.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis a lo largo de la monografía y de la síntesis de cada una de la información recolectada en cuanto a asfaltos modificados con polímeros, se concluye que el factor más importante a tener en cuenta es el tránsito, además de la caracterización de los agregados de la emulsión asfáltica en cuanto a sus porcentajes y finalmente pero no menos importante el polímero a emplear junto con la temperatura promedio de este.

Los asfaltos modificados con polímeros cuentan con algunas propiedades que varían según el primero pero que pretenden mejorar la resistencia a la flexión a la deformación y el mejoramiento de las propiedades visco – elásticas, pero esta depende de las condiciones anteriormente descritas. De lo que es importante mencionar que el desarrollo es principalmente de carácter cualitativo, ya que los valores numéricos y proporciones varían según la fuente, la dosificación de la emulsión y de los polímeros.

De igual manera, se definen las principales características de algunos polímeros los cuales pueden ser más resistentes al daño por fatiga mejorando su capacidad en un 40 %, en general tienen menos susceptibilidad a la temperatura incrementando su rendimiento ante los cambios en un 35%, sin embargo, los valores de mejoramiento de propiedades varían de acuerdo al porcentaje de polímero empleado. Adicional y en términos generales el asfalto modificado con polímeros posee las mismas propiedades físicas que un asfalto convencional y su análisis se determina con los mismos ensayos de laboratorio, cumpliendo la normativa que sea aplicable.

Así mismo existen diferentes tipos de polímeros que gracias a sus propiedades se logran acomodar a las necesidades específicas de cada uno de los diferentes proyectos que estos lo demanden, tendiendo grandes utilidades en cuando a la deformación, mejora en la elasticidad y sobre todo en la cohesión.

En términos generales son más las ventajas que desventajas que aportan los polímeros a las mezclas asfálticas donde se resaltan las más representativas y las cuales se abordaron a lo largo de la monografía como lo es el aumento de la rigidez, haciendo más resistente la mezcla por repetición de cargas adicional lo cual mejora su incremento de tráfico en un 40% a esto las mezclas modificadas disminuyen la susceptibilidad terminan mejoran la trabajabilidad en un 30 %, la adhesión a la carpeta de rodamiento de hasta de un 30% , así mismo aumentan la durabilidad mejorando un 30% y la resistencia al envejecimiento junto con la permeabilidad duplicando su rendimiento en hasta el doble según el polímero.

En cuanto a los costos de las mezclas modificadas con polímeros, resultan mayores para la inversión inicial, sin embargo y gracias al análisis a largo plazo, se logra identificar que se compensa el valor a lo largo del tiempo por la disminución en costos de mantenimiento por incremento de vida útil de servicio del pavimento. Lo que como se enuncio anteriormente esto podría incurrir en una reducción de hasta el 40% de los costos a largo plazo por operación y mantenimiento.

Finalmente se evidencia una limitada aplicación de la implementación de proyectos con mezclas asfálticas en Colombia, sin embargo, se resalta el amplio contenido en material académico que hizo fundamental el desarrollo del artículo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mi hija, esposa y familia que siempre han estado ahí, que me acompañan y me dan el privilegio de aprender y disfrutar de ellos enseñándome que lo más importante es la familia.

REFERENCIAS

- [1] Aldana Perdomo, J., & Acosta Velásquez, L. (2014). Análisis del comportamiento de las mezclas gruesa en caliente MGC-1, utilizando asfaltos modificados con polímeros (SBS). [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio. Obtenido de https://repository.ucatolica.edu.co:https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2579/1/An%C3%A1lisis_comportamiento_MGC-1_utilizando_SBS.pdf
- [2] Wulf Rodríguez, F. (2008). Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero. [Trabajo de grado, Universidad Austral de Chile]. Repositorio. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfciw961a/sources/bmfciw961a.pdf>
- [3] Avellán Cruz, M. (2017). Asfaltos modificados con polímeros. [Trabajo de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2705_C.pdf
- [4] Lopez Moncada, D. (2015). Implementación de mezclas asfálticas modificadas con polímeros en pistas de aterrizaje. [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de Universidad Militar: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7517/L%c3%b3pezMoncadaDiegoLeandro2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [5] Lubo , O., & Matinez , A. (2019). *Universidad*

Cooperativa de Colombia. Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15630/2/2019_asfaltos_modificados_polimeros.pdf

- [6] Atencia Herrera, O., Daza Velásquez, C. E., Figueroa Infante, A. S., Fernández Gómez, W. D., & Reyes Lizcano, F. A. (2013). Análisis de la alteración del asfalto colombiano en inmersión en agua. *Ingeniería y Universidad*, 17(2), 427-442. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/477/47728826010.pdf> [7] Mejía, C., & Sierra, C. (2017). <http://polux.unipiloto.edu.co>. Obtenido de Universidad Piloto de Colombia: <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00003837.pdf>
- [8] Lubo Gómez, O., & Matinez Giraldo, A. (2019). Asfaltos modificados con cauchos en vías primarias en las ciudades Santa Marta, Barranquilla y Bogotá como alternativa de mejoramiento de la capa de rodadura de los pavimentos flexibles entre los años 2012-2019. (Artículo académico, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio. Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15630/2/2019_asfaltos_modificados_polimeros.pdf [9] Velazques, T. (2017). *Universidad de los Andes*. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co:https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/23079/u281661.pdf?sequence=1>
- [10] Lopez Moncada, D. (2015). Implementación de mezclas asfálticas modificadas con polímeros en pistas de aterrizaje. [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de Universidad Militar: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7517/L%c3%b3pezMoncadaDiegoLeandro2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>