

Pavimentación con asfalto natural "MAPIA". Estudio de caso: Proyecto mejoramiento de la vía El Diviso – Torcoroma del municipio de San Martín, Cesar.

Paving with natural asphalt "MAPIA". Case Study: Improvement Project of El Diviso - Torcoroma road in the Municipality of San Martín, Cesar.

Ing. Marcela Gómez Galván¹, MSc. Romel Jesús Gallardo Amaya², Esp. Agustín Armando Macgregor Torrado²

¹ Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia, orcid.org/0000-0002-6559-1759, mgomezg@ufpsa.edu.co

² Grupo de Investigación en Construcción Geotecnia y Medio Ambiente GIGMA, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia, orcid.org/0000-0002-4740-4841, orcid.org/0000-0002-5144-8572, Email: rjgallardo, aamacgregor@ufpsa.edu.co

Como citar: M. Gómez, R.J. Gallardo y A. A. Macgregor, "Pavimentación con asfalto natural "MAPIA". Estudio de caso: Proyecto mejoramiento de la vía El Diviso-Torcoroma del municipio de San Martín, Cesar", *Revista Ingenio*, vol. 16, n°1, pp. 10-15, 2019, doi: <https://doi.org/10.22463/2011642x.2334>.

Fecha de recibido: 03 de julio de 2018
Fecha aprobación: 26 de octubre de 2018

RESUMEN

Palabras claves:

Asfalto natural, Estructura del pavimento, MAPIA, Mezcla asfáltica, Mezcla en frío.

El "MAPIA" es una mezcla asfáltica compuesta principalmente de arenas finas y asfalto natural que puede usarse en vías con diferentes niveles de tránsito en cualquiera de las capas de la estructura del pavimento. El propósito de esta investigación se enfocó en la caracterización de este material y su proceso de instalación para el mejoramiento de un tramo de vía del municipio de San Martín, Cesar. Inicialmente se realizó la identificación de las propiedades del MAPIA tales como: composición porcentual de los materiales, índice de penetración, ductilidad del asfalto, punto de ablandamiento y viscosidad absoluta. Posteriormente, una vez adecuado el MAPIA con la incorporación de triturado $\frac{3}{4}$ ", se procedió a la instalación de la mezcla con equipo tradicional. Como resultado de este estudio, se encontró que el material MAPIA, posee características semejantes a un asfalto 80/100, con una composición de material granular fino entre el 87% y 90% y asfalto natural entre 9% y 12%. Sin embargo, los resultados sugieren que este tipo de material presenta alta susceptibilidad a cambiar su penetración ante cambios de temperatura. Así mismo no requiere de maquinaria especializada, lo cual reduce el consumo energético en la aplicación y también permite una rápida apertura del tráfico.

ABSTRACT

Keywords:

Natural asphalt, Pavement structure, MAPIA, Asphalt mixture, Cold mix.

"MAPIA" is an asphalt mixture composed mainly of fine sand and natural asphalt that can be used on roads with different levels of traffic in any of the layers of the pavement structure. The purpose of this research was focused on the characterization of this material and its installation process for the improvement of a road section in the municipality of San Martín, Cesar. Initially, the identification of MAPIA properties such as: percentage composition of materials, penetration rate, ductility of bitumen, softening point, and absolute viscosity was carried out. Subsequently, once the MAPIA was adequate with the incorporation of $\frac{3}{4}$ " crushed gravel, the mixture was installed with traditional equipment. As a result of this study, it was found that MAPIA material has characteristics similar to 80/100 asphalt, with a composition of fine granular material between 87% and 90%, and natural asphalt between 9% and 12%. However, the results suggest that this type of material presents high susceptibility to change its penetration with temperature changes. Likewise, it does not require specialized machinery, which reduces energy consumption in the application and also allows a rapid opening to traffic.

1. Introducción

Uno de los principales factores de desarrollo económico de un país, está dado en gran medida por el nivel macroscópico de la infraestructura vial que posee, la cual incluye la construcción de vías terciarias que permitan asegurar la interconectividad de las comunidades ubicadas en zonas rurales con las grandes urbes, dando paso al fortalecimiento de los procesos de desarrollo [1]. Es así, que la aplicación e innovación de sistemas de construcción de la red vial, además de materiales que garanticen la durabilidad y seguridad de las estructuras,

posibilitan el progreso de la competitividad vial, generando mayor cobertura y movilización [2-3].

En Colombia, el estado de la infraestructura vial es muy deficiente, puesto que la mayoría de los departamentos no cuenta con la pavimentación total de sus vías y las carreteras existentes no se encuentran en buen estado, dificultando los procesos de desarrollo económico, debido a la falta de inversión en este tema. Lo anterior implica que, al no poseer una infraestructura vial de calidad, se conlleva a la ineficiencia en los procesos de

Autor para correspondencia

Correo electrónico: mgomezg@ufpsa.edu.co (Marcela Gómez Galván)

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña
Artículo bajo la licencia CC BY-NC (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>)



transporte de personas y carga, lo que redundará en el no cumplimiento de indicadores satisfactorios con relación al desarrollo económico y social del país [4-5].

La eficiencia de una red vial depende de los parámetros de diseño, condiciones físicas del lugar y las técnicas constructivas utilizadas, lo que conlleva a un funcionamiento eficaz de la vía bajo condiciones de seguridad y durabilidad. Es por ello, que las diferentes investigaciones enfocadas a este tipo de infraestructuras buscan que estas se adapten a las realidades locales, tanto en costos, como en el acceso a los materiales [6].

Actualmente en el país se están implementando nuevas técnicas de construcción de pavimentos flexibles, un claro ejemplo es la “MAPIA” o Mortero Asfáltico Natural (MOAN) que es una mezcla asfáltica, compuesta de un 90% de arena fina, crudo de petróleo expresado en un asfalto con solventes livianos y pesados, agua y algunos materiales entre los que se destaca el azufre [7-8]. Esta mezcla es utilizada típicamente como pavimento flexible para la pavimentación de vías terciarias de bajo tránsito vehicular.

El proceso de instalación del pavimento se puede hacer con mezcla asfáltica en frío o en caliente. Para este caso, el uso de MAPIA, es una mezcla asfáltica en frío, debido a que está compuesta de agregado mineral y su proceso se lleva a cabo a temperatura ambiente, permitiendo la conservación del medio ambiente, puesto que su producción implica ahorro en el consumo de energía y minimización de la generación de vapores tóxicos y polvo [9-10]. Esto indica que su utilización es óptima, puesto que es un material muy rentable por tener una explotación natural y amigable con el medio ambiente. Además, de tener una rápida aplicación lo que lo convierte en una de las principales alternativas de mantenimiento y mejoramiento de vías [11].

La MAPIA, es abundante en muchas partes de Colombia, encontrándose en los departamentos de Tolima, Caldas, Cesar, Santander, entre otros, convirtiéndose en una alternativa sostenible para el mantenimiento de la malla vial urbana y rural [12]. Su uso en Colombia se dio por primera vez hacia 1995 en la vía la Dorada - Norcasia y vías de acceso para la construcción de la hidroeléctrica Hidro Miel, debido a sus ventajas económicas y ecológicas [11].

En Colombia, se ha definido un marco legal para el diseño y uso de pavimento asfáltico en vías, además de los ensayos de laboratorio para su caracterización, (Tabla 1-Tabla 2.)

Tabla 1. Marco legal.

Normatividad	Entidad
Resolución 3482 de agosto de 2007	Ministerio de Transporte
Resolución 803 del 6 marzo de 2009	Ministerio de Transporte
Resolución 1375 del 26 de mayo de 2014	Ministerio de transporte

Tabla 2. Ensayos de Laboratorio.

Tipo de ensayo	Norma	Entidad
Penetración	INV – E 706	INVIAS
Ductilidad	INV – E 702	INVIAS
Viscosidad	INV – E 716	INVIAS
Punto de ablandamiento	INV – E 712	INVIAS

En el caso del proyecto de mejoramiento del tramo de la vía terciaria del municipio de San Martín, Cesar, comprendido entre la bifurcación del corregimiento de San Roque y Torcoroma, este se ha realizado con la utilización de un pavimento flexible conformado por una base estabilizada con emulsión asfáltica y una capa de rodadura con mezcla asfáltica natural a base de MAPIA.

2. Metodología

La presente investigación tiene el objetivo de caracterizar el material MAPIA el cual será utilizado para el mejoramiento de una vía en el municipio de San Martín en el departamento del Cesar. La vía es de orden municipal, inicia en la bifurcación de San Roque ubicada en la vereda el Diviso y finaliza en el corregimiento de Torcoroma. Como se muestra en la figura 1 y 2.

Para el mejoramiento de la vía es necesario realizar una caracterización del material asfáltico a utilizar, para posteriormente especificar el procedimiento de instalación en campo de la mezcla asfáltica. En la presente investigación, se utilizó material pétreo impregnado con asfalto – MAPIA, el cual es un material compuesto por arenas y asfalto natural, para determinar la composición de cada uno de estos componentes en la mezcla asfáltica natural se realizó una extracción cuantitativa del asfalto. Una vez obtenido el porcentaje de asfalto, se procedió a realizar una caracterización del material, para lo cual se realizaron pruebas de caracterización convencionales como lo son penetración asfáltica (norma INV- E 706), índice de penetración de cementos asfálticos (norma INV- E 724), punto de ablandamiento (norma INV- E 712), ductilidad de materiales asfálticos (norma INV- E

702), y viscosidad del asfalto (norma INV-E 716), los resultados de dichos ensayos se compararon con las especificaciones del INVIAS, seleccionadas de acuerdo al resultado obtenido en la prueba de penetración.

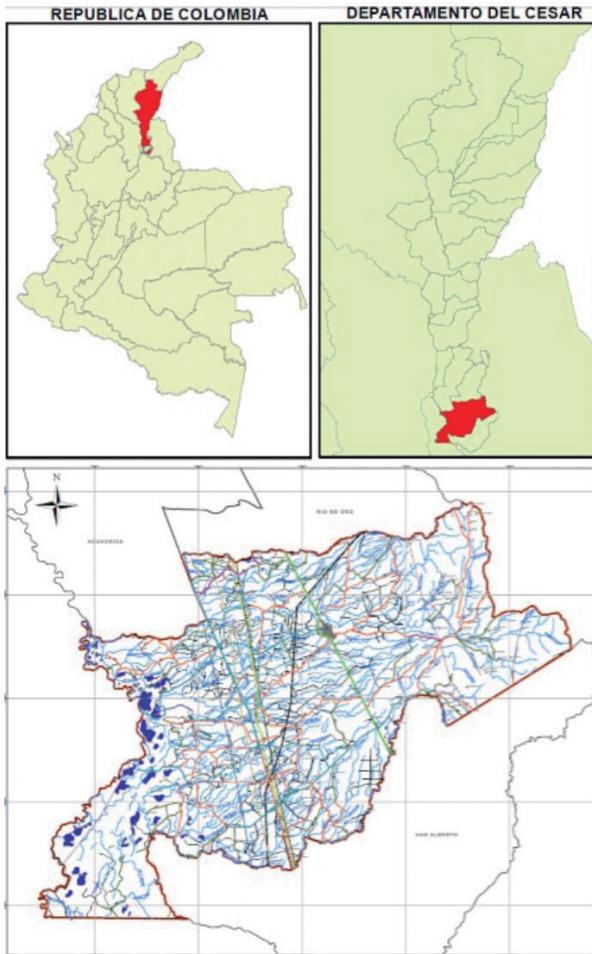


Figura 1. Localización de San Martín, Cesar. Fuente. [13].

Por otra parte, en cuanto a la metodología utilizada para la instalación de asfalto natural en vías de tránsito continuo o áreas de trabajo grandes, esta se puede realizar de acuerdo a las etapas que se indican en la figura 3.

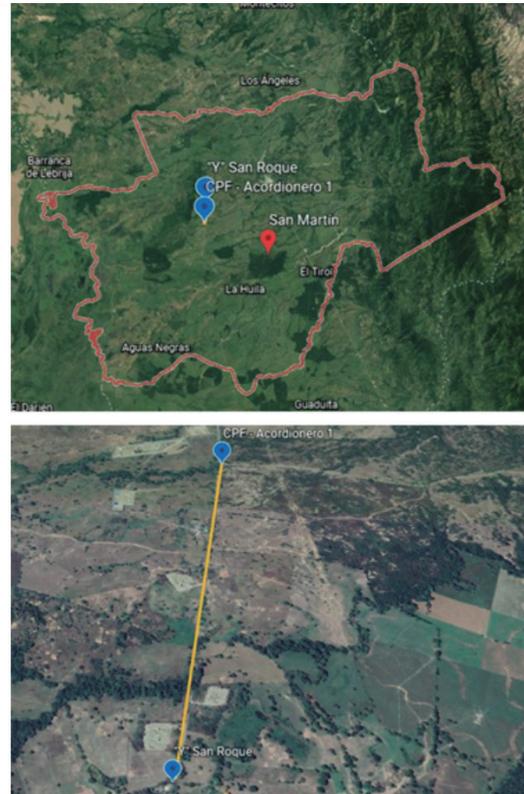


Figura 2. Localización del proyecto. Fuente. Google Earth

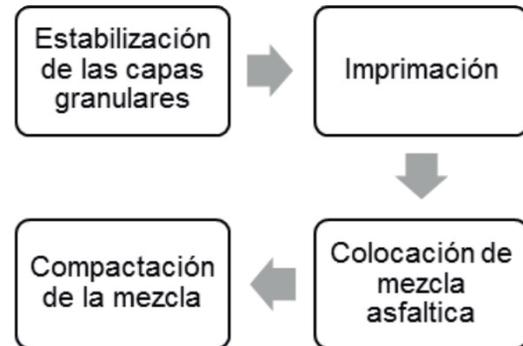


Figura 3. Proceso de pavimentación.

La primera etapa se refiere a la estabilización de las capas granulares, de modo que puedan cumplir la función para la cual se diseñaron de soportar, transmitir y distribuir las cargas que actuarán sobre la estructura de pavimento.

En la segunda etapa del proceso se realiza la imprimación de la superficie de las capas granulares estabilizadas, esto con el fin de ayudar a proteger y servir de transición para la capa de mezcla asfáltica [14], permitiendo además evitar que se puedan producir, a futuro, deslizamientos entre la capa de base y la capa superficial, generalmente se utiliza emulsión asfáltica

catiónica de rompimiento lento para este riego. Una vez se haya realizado el riego de la imprimación, se procede con extensión de la mezcla asfáltica la cual se hace con máquinas autopropulsadas que puedan cubrir la sección transversal de la vía. Este procedimiento se realizó de manera similar al de la instalación de una mezcla asfáltica en frío. En esta etapa es importante que la mezcla quede bien extendida para obtener un comportamiento adecuado de la carpeta asfáltica asegurando una durabilidad del pavimento. Para finalizar, se efectúa la compactación del material asfáltico, con lo que se permite el desarrollo de la resistencia requerida por la mezcla asfáltica, en términos de características de estabilidad, cohesión e impermeabilidad, esta última dada por la disminución de los vacíos de la mezcla instalada. Todo lo anterior se traduce en una capa de rodadura resistente y durable [15-17].

3. Resultados y discusión

3.1 Ensayos de caracterización convencional

La tabla 3, muestra la composición del MAPIA, este procedimiento se realizó en tres muestras para obtener un promedio de la composición de la mezcla, a través de la extracción cuantitativa de la mezcla según la normativa INVIAS. La mezcla asfáltica natural está compuesta por material granular fino (87% - 90%) y asfalto natural entre 9% y 12%. Su clasificación es asfáltica tipo arena bituminosa de bajo contenido de bitumen.

Tabla 3. Composición MAPIA.

Muestra	Peso de la MAPIA (g)	Peso del agua en la mezcla (g)	Peso del agregado extraído (g)	Contenido de asfalto (%)
1	1200,2	3,4	1078,8	9,5
2	1200,1	3,4	1076,3	9,61
3	1200,0	3,4	1079,9	9,37
Promedio del contenido de asfalto				9,49

Una vez obtenido el porcentaje de asfalto, se realizaron las pruebas de caracterización convencional. En la tabla 4, se observan los resultados obtenidos a partir de dichas. Los resultados encontrados reportan que la MAPIA, es un material que se puede asemejar a un asfalto 80/100, por lo tanto, con el fin de obtener una referencia parámetro del material se eligen especificaciones INVIAS para un asfalto de este tipo. Los resultados encontrados reportan que, para la prueba de penetración de asfalto, ductilidad del material asfálti-

co y viscosidad del asfalto, la MAPIA cumple con las especificaciones INVIAS para un asfalto 80/100. Sin embargo, el índice de penetración de un asfalto 80/100 debe encontrarse entre -1 y +1; valores alejados de este rango indican que el asfalto presenta alta susceptibilidad a cambiar su penetración ante cambios de temperatura [18-19]. Para el caso del MAPIA analizado se encontró que este no cumple para el rango indicado del índice de penetración, pues se obtuvo un valor de -1.4, el cual se encuentra por debajo de -1.

Tabla 4. Resultado de Ensayos de Caracterización.

Ensayo	Unidad	Valor	Especificaciones INVIAS
Penetración de los materiales asfálticos a 25 °C	Mm	83,3	Mín. 80 – Máx. 100
Índice de penetración	-	-1,4	-1 a +1
Ductilidad de los materiales asfálticos	Cm	+ 100	Mín. 100
Punto de ablandamiento de materiales bituminosos	°C	57,8	54
Viscosidad del asfalto (60° C)	P	1265,573	1000

Fuente: [20]

3.2 Proceso de Instalación de MAPIA

A continuación, se describe el procedimiento para la instalación de la MAPIA, en el proyecto de pavimentación del tramo de vía del corregimiento de San Martín, cesar:

- Para el mejoramiento de la vía fue necesario realizar una estabilización del terreno a través de la incorporación de un aditivo sólido que contiene cemento portland, cal viva, cenizas, esto con el fin de que el suelo alcance su máxima densidad. En la figura 4, se muestra como fue el proceso de extensión para la estabilización del material de subrasante.



Figura 4. Extensión de material para estabilización.

- b) En la figura 5, se muestra la etapa de riego de imprimación, la cual, consistió en la aplicación de emulsión asfáltica de manera uniforme sobre la superficie para ayudar a adherir el material de base granular con la capa aplicada para estabilizar el terreno. La emulsión asfáltica utilizada fue de tipo catiónica de rompimiento lento.



Figura 5. Imprimación.

- c) Posteriormente, se extendió el asfalto con maquinaria especializada (Finisher), logrando que la MAPIA quedará de manera regular sobre toda la superficie de la vía, como se aprecia en la figura 6. Este procedimiento se hizo como una técnica de construcción en frío por lo cual no hubo necesidad de calentar el MAPIA, además, con esto se logró una reducción de los vapores tóxicos en el campo, lo que hace que este tipo de material sea amigable con el medio ambiente.



Figura 6. Extensión de asfalto natural.

- d) Luego de extendido el material, se realiza el procedimiento de compactación a través de un compactador vibratorio doble rodillo, esto con el fin de brindar una mejor textura superficial y minimizar la posibilidad de permeabilidad lo que ocasiona una mejora en la densidad de la MAPIA. Por último, se emplea el compactador neumático para sellar el material, como se muestra en la imagen 7.



Figura 7. Compactación con compactador doble rodillo.

4. Conclusiones

Con el presente estudio se puede decir que el material MAPIA posee características que lo asemejan al asfalto 80/100 producido por procesos de refinación del crudo y puede usarse en vías con diferentes niveles de tránsito en las diferentes capas del pavimento.

La MAPIA es un tipo de material ecológico puesto que su técnica de construcción es en frío, por lo tanto, los consumos energéticos son mínimos.

El MAPIA es una solución práctica para su implementación en vías terciarias de los diferentes municipios del país, esto debido que para su instalación se puede utilizar maquinaria común.

El comportamiento del MAPIA es susceptible a los cambios de temperatura, esto debido a que su índice de penetración es menor de -1, razón por la cual se debe estudiar el contenido de asfalto que tiene la mezcla de asfalto natural antes de implementar su uso, para evitar que se presenten deformaciones en el pavimento. En estos casos se deberá pensar en la incorporación de aditivos modificadores a la mezcla asfáltica para que esta pueda tener un mejor comportamiento ante las variaciones de temperatura.

A partir de este trabajo, se pudo encontrar que el proceso de compactación de esta mezcla asfáltica, es recomendable realizarlo una vez extendida la franja, desde el centro de esta a los extremos, lo anterior para evitar que se presenten deformaciones en la capa.

5. Referencias

- [1] E. Correa, “El rol de las vías terciarias en la construcción de un nuevo país.” *Revista de Ingenierías*, vol. 45, pp. 64-71, 2017. Recuperado de: <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/943>
- [2] S. Caro, and B. Caicedo, “Tecnologías para Vías Terciarias: Perspectivas y Experiencias desde la Academia” *Revista de Ingenierías*, vol. 45, pp. 12-21, 2017. Recuperado de: <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/936>
- [3] Y. Sánchez, “Utilización de asfalto natural en la construcción de pavimentos en Colombia: una recopilación bibliográfica,” M.S. thesis, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, 2018.
- [4] T. Yepes J. Ramirez, and L. Villar. *Infraestructura de transporte en Colombia*. Fedesarrollo, 2013.
- [5] N. Urdaneta, Caro, “La infraestructura vial de Colombia: un reporte de la Cuarta Generación de Concesiones y la Ruta del Sol,” *Revista Económica Supuestos*, 2017. Recuperado de: <http://revistasupuestos.com/ciudad-y-vida-urbana/2017/6/2/la-infraestructura-vial-de-colombia-un-reporte-de-la-cuarta-generacin-de-concesiones-y-la-ruta-del-sol>
- [6] V. Senior, C. Posada, and A. Lammardo, “Análisis y caracterización de una mezcla asfáltica, obtenida con mecanismos diferentes de compactación, a través de la técnica de tomografía computarizada CT,” in *Asfaltos y Pavimentos*, Santa Marta, Colombia, vol. 31, pp. 15-24, 2015.
- [7] R. Luna, and D. Santos, “Asfaltos naturales: La” Mapia” y” Asfaltita” alternativas de construcción en obras de infraestructura vial en el contrato ruta del sol tramo 1,” M.S. thesis, Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia, 2012.
- [8] S. Caro, D. Sánchez and B. Caicedo, “Methodology to characterise non-standard asphalt materials using DMA testing: application to natural asphalt mixtures”, *International Journal of Pavement Engineering*, 16: 1, pp. 1-10, 2015, DOI: 10.1080/10298436.2014.893328
- [9] M. Acuña, and D. Obando, “Mezclas asfálticas en frío en Costa Rica, conceptos, ensayos y especificaciones,” *Infraestructura Vial*, vol. 21, pp. 18-29, 2009. Recuperado de: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/2015/1981>
- [10] K. Zhong, X. Yang & S. Luo, “Performance evaluation of petroleum bitumen binders and mixtures modified by natural rock asphalt from Xinjiang China”, *Construction and Building Materials*, 154, 623-631, 2017, doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.182
- [11] J. Ortiz, and L. Rojas, “Caracterización del Mapia y Mapia con una adición de Cal al 5%,” Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia, 2018.
- [12] W. Chavarro, and C. Molina, Luna, and D. Santos, “Evaluación de alternativas de pavimentación para vías de bajos volúmenes de tránsito,” M.S. thesis, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia, 2015.
- [13] Consejo Municipal, “Esquema de ordenamiento territorial del municipio de San Martín-Cesar”, 2004.
- [14] J. Sapei, and R. Gonzales, “Emulsiones de imprimación, su aporte en la adherencia,” *Revista Infraestructura Vial*, vol. 16, pp. 33-43, 2014. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5051897>
- [15] G. Bonnet, “Guía de proceso constructivo en pavimento flexible” M.S. thesis, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, 2014.
- [16] F. Ma & C. Zhang, “Road performance of asphalt binder modified with natural rock asphalt”, in *Advanced Materials Research*, Vol. 634, pp. 2729-2732. Trans Tech Publications Ltd, 2013.
- [17] J. K. MA & Z. Q. LI, “Road Use Performance of Natural Modified Asphalt”, *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 9, 2004.
- [18] A. B. Morales, “Análisis de la vulnerabilidad física y amenazas en la carretera longitudinal del norte en las microregiones de Metapán y Alto Lempa Norte. Región Norte, El Salvador”, *Infraestructura Vial*, 10(19), 21-27, 2008.
- [19] J. F. Mendoza & O. A. Marcos, “El efecto del cambio climático en los pavimentos carreteros”, *X Congreso Mexicano del Asfalto*, pp. 1-13, 2017.
- [20] Colombia Asfaltos S.A. “Caracterización de una muestra de Mapia”, Bucaramanga, Colombia, 2012.