

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

Uniminuto Virtual y a Distancia

Propuesta de trabajo de grado

PREFACTIBILIDAD DE USO DE MEZCLAS ASFALTICAS FABRICADAS CON GOMA DE
NEUMATICO FUERA DE USO Y AGREGADOS DE LA REGION DE TUNJA

Especialización en Gerencia de Proyectos –EGPR–

Presenta:

DEICY MARIA CAMACHO VEGA, LUZ HELENA VARGAS PORRAS

Innovaciones Sociales y Productivas

Asesor tutor:

Mg: WILSON CAMILO VARGAS

Bogotá, Colombia, 2017

TABLA DE CONTENIDO

pág.

TABLA DE CONTENIDO	2
INTRODUCCION	4
1. OBJETIVOS	6
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
2. GENERALIDADES	7
2.1 MEZCLA BITUMINOSA	7
2.2 COMPOSICIÓN DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS	7
2.2.1 Agregados pétreos.....	7
2.2.2 Propiedades de los agregados pétreos.....	8
2.2.3 Asfaltos modificados	8
2.2.3.1 Objetivos de la modificación.....	8
2.2.3.2 Beneficios que se buscan con la modificación del asfalto.....	9
2.2.4 Asociaciones asfalto-polímero.....	10
2.2.4.1 Los polímeros.....	10
2.2.4.2 Los termoendurecibles.....	11
2.2.4.3 Los termoplásticos	11
2.2.4.4 Plastómeros.....	11
2.2.4.5 Elastómeros o cauchos.....	12
2.2.5. Compatibilidad asfalto-polímero.....	13
2.2.5.1 Polímeros compatibles.....	13
2.2.5.2 Hule de llanta	15
2.2.6 Mezcla asfáltica en caliente.....	15
2.2.6.1 Evolución de los diseños de mezclas asfálticas en caliente	16
3. DESCRIPCIÓN DE LOS AGREGADOS	18
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA CANTERA “AGREGADOS SANTA LUCIA” CUCAITA – BOYACÁ.....	18
3.2 MANUFACTURAS Y PROCESOS INDUSTRIALES LTDA (MPI	19
3.3 DESCRIPCION DEL AREA DE INFLUENCIA.....	20
4. ESTUDIO DE MERCADO	22
4.1 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	22

4.2	COMPARATIVO DEL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	22
5.	PREFACTIBILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA CON GOMA DE NEUMATICO.....	24
6.	ANÁLISIS FINANCIERO	25
6.1.	ASFALTO MODIFICADO	25
6.1.1.	Presupuesto	25
6.1.2.	Flujo de caja.....	25
6.2.	ASFALTO CONVENCIONAL	27
6.2.1.	Presupuesto	27
6.2.2.	Flujo de caja.....	28
7.	ANÁLISIS AMBIENTAL.....	29
8.	CONCLUSIONES.....	34
9.	RECOMENDACIONES	36
10.	BIBLIOGRAFÍA	38
11.	INFOGRAFÍA	41

INTRODUCCION

En Colombia el desarrollo de la infraestructura vial tiene la necesidad de adelantar trabajos de investigación para mejorar las condiciones de un pavimento, buscando nuevos materiales que optimicen el funcionamiento de las carreteras y aporten soluciones a la problemática.

En los últimos años uno de los grandes problemas que afecta al mundo son los neumáticos fuera de uso, ya que son causa de contaminación, pues de este se derivan diversos aspectos negativos como enfermedades respiratorias, enfermedades visuales, incendios, el mal uso del espacio público, entre otros. Por esto surge, la necesidad de darle un uso razonable; convirtiéndolos en modificadores de asfaltos para su utilización en construcción, mantenimiento y rehabilitación de vías, perfeccionando las condiciones del pavimento.

En cuanto a mezclas asfálticas se busca que estas sean más resistentes a la fatiga, al envejecimiento, a la oxidación, al agrietamiento, razón por la cual se está en constante investigación para identificar modificadores que puedan contribuir al mejoramiento de la vida útil del pavimento, una de las alternativas puede ser mediante la utilización de los neumáticos fuera de uso.

Debido a esta necesidad, se pretende realizar un estudio de pre-factibilidad del uso de mezclas asfálticas modificadas con goma de neumáticos fuera de uso y los agregados de la región de Tunja, por medio de investigaciones que determinen el comportamiento de esta mezcla, ante la acción del tránsito y factores climáticos.

El presente trabajo de investigación contiene lo que en términos generales describe la investigación manera.

Inicialmente se presentan unas generalidades sobre las mezclas asfálticas modificadas. Luego se describen los materiales granulares de la cantera “Agregados Santa Lucia” y el asfalto suministrado por Manufacturas y Procesos Industriales (MPI), siguiendo el procedimiento de las especificaciones señaladas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Se realiza un estudio de

mercado, posteriormente se realiza un análisis ambiental, luego se realiza un análisis de precios unitarios de una mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica modificada con polímeros. Finalmente se muestran las respectivas conclusiones y recomendaciones de la investigación.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la pre-factibilidad del uso de mezclas asfálticas fabricadas con goma de neumático con los agregados de la región de Tunja.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar un estudio técnico con el fin de estudiar el efecto del asfalto modificado con goma de neumático con los agregados de la región de Tunja.
- ✓ Elaborar un estudio de mercado para determinar la demanda que se tiene sobre este producto y sus posibles proveedores.
- ✓ Analizar financieramente (costos) una relación entre, una mezcla convencional y una mezcla fabricada con goma de neumático.
- ✓ Evaluar el impacto ambiental que se genera por la utilización de llantas en desuso, en la elaboración de mezclas asfálticas.

2. GENERALIDADES

En el campo de los asfaltos se encuentra diferentes tipos de mezclas que son utilizadas en las obras civiles viales, algunos de estos tipos son presentados en la presente investigación, Desde allí, desarrollos recientes de diferentes asfaltos, se reconocen a partir de diferentes análisis y pruebas de investigación sobre la resistencia y durabilidad del asfalto.

2.1 MEZCLA BITUMINOSA

Las mezclas bituminosas, también denominadas aglomerados bituminosos, constituyen el principal componente de los pavimentos flexibles. Las mezclas bituminosas están compuestas por una combinación de áridos y ligantes hidrocarbonados que mezclados a altas temperaturas forman una película continua que envuelve a los áridos. Los áridos son un material elastoplástico y el betún viscoelástico, por lo tanto, se considera que las mezclas bituminosas son un material visco elastoplástico (PADILLA 2004).

Debido a las características del betún, las mezclas bituminosas tienen un comportamiento que depende de la temperatura y la velocidad de aplicación de las cargas. Sólo en determinadas condiciones se puede considerar que tienen un comportamiento elástico y lineal. Estas condiciones se dan cuando las temperaturas son bajas y la velocidad de aplicación de las cargas es elevada.

2.2 COMPOSICIÓN DE LAS MEZCLAS BITUMINOSAS

2.2.1 Agregados pétreos. Es una mezcla, natural o no, de piedra o gravas trituradas, escorias, arenas finas, arenas gruesas y llenante mineral. Puede contener todos o algunos de estos materiales. Los agregados deben ser limpios, duros y durables. Los agregados son los responsables de la capacidad de carga o resistencia de la mezcla y constituyen entre el noventa por ciento (90%) y el noventa y cinco por ciento (95%) en peso de la mezcla y entre el setenta y cinco por ciento (75%) y ochenta y cinco por ciento (85%) en volumen de la misma.

2.2.2 Propiedades de los agregados pétreos. Los agregados pétreos, empleados para la ejecución de cualquier mezcla bituminosa, deberán poseer una naturaleza tal, que, al aplicarle una capa de material asfáltico, éste no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Solo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una buena adhesividad. El agregado grueso deberá proceder de la trituración de roca o grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión completa del asfalto (HIGUERA 2010).

2.2.3 Asfaltos modificados. Son producto de la incorporación en el asfalto de un polímero o de hule molido. Esto se hace con el fin de modificar sus propiedades físicas y reológicas para disminuir su susceptibilidad a la temperatura, la humedad y la oxidación e incrementar la adherencia con el material pétreo. Aumentar la resistencia de las mezclas asfálticas a la deformación y esfuerzos de tensión repetidos (AYALA 2020).

Generalmente, las características de los ligantes asfálticos son suficientes para fabricar mezclas asfálticas resistentes a la acción conjunta del tránsito y de los agentes ambientales; sin embargo, en algunas ocasiones, las mezclas asfálticas están sometidas a tan fuertes solicitaciones, que requieren el uso de asfaltos con propiedades mecánicas y reológicas mejores que la de los asfaltos convencionales. La modificación del asfalto con la incorporación de polímeros da por resultado una mejoría considerable en las características de elasticidad, adherencia y cohesión de estos a un costo competitivo.

2.2.3.1 Objetivos de la modificación. Los modificadores le permiten al diseñador intervenir sobre las características mecánicas del asfalto. Entre otras se puede mencionar la reducción de la susceptibilidad térmica, en la búsqueda de características reológicas constantes, especialmente a elevadas temperaturas de servicio. En consecuencia, ello implica modificar las propiedades de las mezclas, en el sentido de disminuir tanto la deformación plástica a alta temperatura, como la

rigidez a baja temperatura, ofreciendo un mejor comportamiento en servicio ante la acción de las cargas circulantes pesadas del tránsito, independientemente de las condiciones climáticas imperantes. (IBID, pág. 22)

Un asfalto común, presenta un cambio continuo de sus características en todo el rango de temperaturas de operación. El asfalto ideal es aquel que muestra una característica más o menos constante en un amplio rango de temperaturas de servicio, convirtiéndose en un fluido viscoso a las temperaturas de la mezcla y compactación.

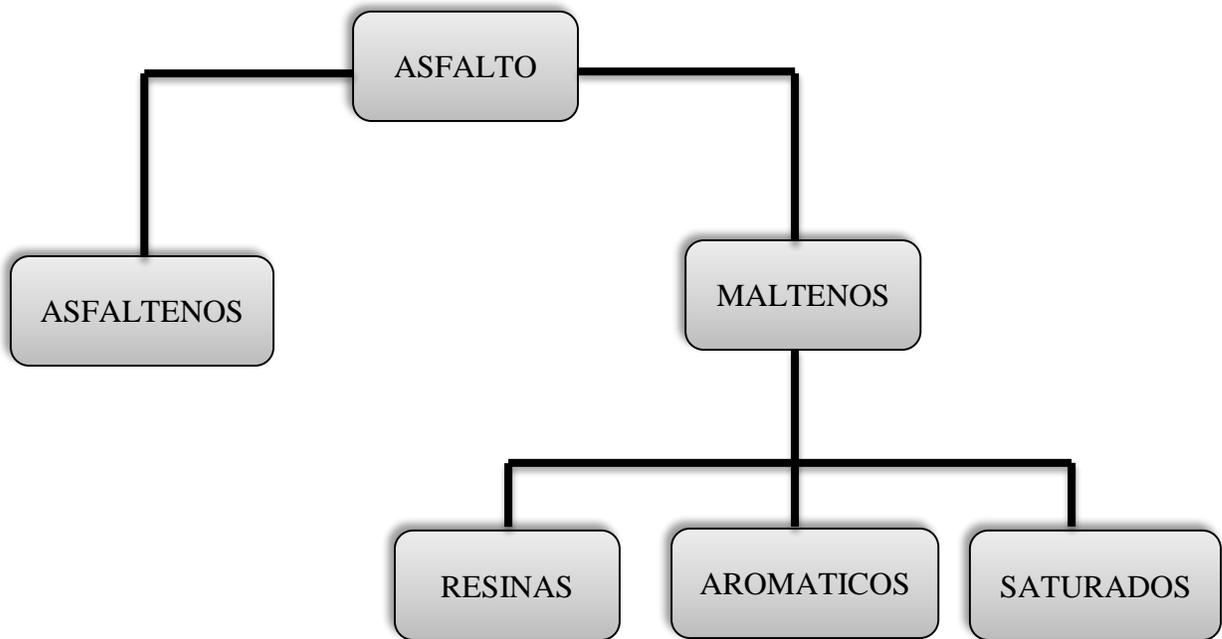
La adición de un polímero adecuado modifica la susceptibilidad térmica del asfalto, obteniéndose debido a una mejora en el comportamiento visco-elástico a las temperaturas de servicio a las deseadas en un asfalto ideal.

2.2.3.2 Beneficios que se buscan con la modificación del asfalto. Los principales beneficios que se persiguen con la modificación del asfalto son:

- Aumentar la rigidez a altas temperaturas de servicio, mejorando la resistencia de las mezclas a la deformación permanente.
- Reducir la rigidez a bajas temperaturas, previniendo la fisuración térmica.
- Aumentar la resistencia a la fatiga de las mezclas.
- Mejorar la adhesión con los agregados pétreos.
- Mejorar la cohesión, brindando mejor retención de los agregados en la vida inicial de los tratamientos superficiales. (IBID, pág. 23)

2.2.4 Asociaciones asfalto-polímero. El contenido de aromáticos es el que influye en la facilidad que tiene un asfalto para “admitir” polímeros modificadores, en tal caso es el porcentaje de aromáticos, la que define la capacidad de solubilidad del asfalto. En la Figura 1 se puede observar la composición de los asfaltos.

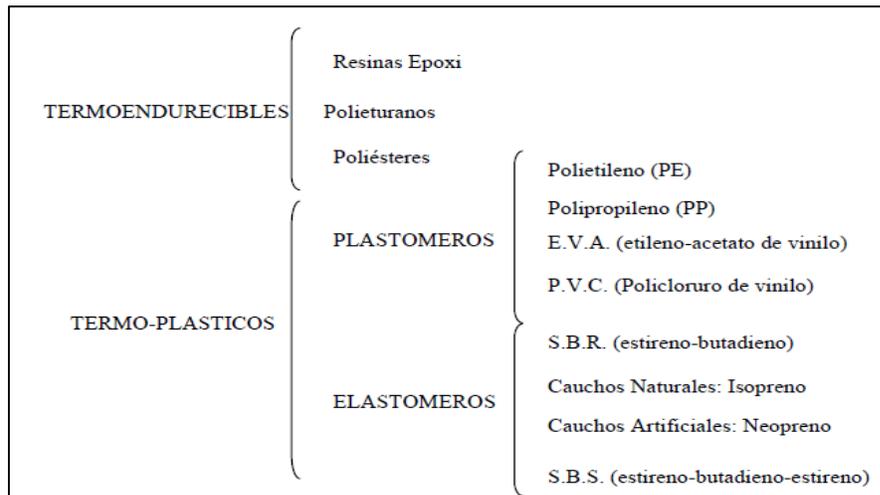
Figura 1. Composición del Asfalto



Fuente: MONTEJO FONSECA. Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. 2002

2.2.4.1 Los polímeros. Son sustancias formadas por la unión, de cientos o miles de moléculas pequeñas, llamadas monómeros. La gran diversidad de materiales poliméricos hace que su clasificación y sistematización sea difícil; sin embargo, en la Figura 2 se presenta la clasificación de los polímeros. (IBID. Pág. 25)

Figura 2. Clasificación de polímeros.



Fuente: MONTEJO FONSECA. Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. 2002

2.2.4.2 Los termoendurecibles. Son polímeros formados por reacción química de dos componentes (base y endurecedor), dando lugar a una estructura entrecruzada, por lo que no pueden ser recuperados para volver a transformarse. Los termoendurecibles más comunes son:

- Resinas Epoxi: tienen agentes endurecedores de los enlaces transversales. Se usan en grandes porcentajes, mayores de 20%, muy costosas, se usan en zonas especiales.
- Poliuretano: similares a las Resinas Epoxi, muy caros, se usan a bajas temperaturas y en capas delgadas.
- Poliésteres: son menos usados. (IBID. Pág. 26)

2.2.4.3 Los termoplásticos. Son polímeros solubles que se reblandecen por acción del calor y pueden llegar a fluir; son generalmente, polímeros lineales o ligeramente ramificados. Los termoplásticos se dividen en dos grupos: (IBID. Pág. 27 - 28)

2.2.4.4 Plastómeros. Al estirarlos se sobrepasa la tensión de fluencia, no volviendo a su longitud original al cesar la sollicitación.

- Tienen deformaciones pseudoplásticas con poca elasticidad. Los plastómeros más comunes son:
- Polietileno: tienen buena resistencia a la tracción y buena resistencia térmica, como también buen comportamiento a bajas temperaturas.
- Polipropileno atáctico (EPDM): se mezcla con elastómeros para hacerlo más flexible; y resistente al calor y a los agentes químicos.
- Etileno-Acetato de Vinilo (E.V.A): los copolímeros de etileno copolimerizan con Etileno con otros monómeros (acetato de vinilo) para destruir la regularidad estructural y reducir su grado de cristalinidad.

2.2.4.5 Elastómeros o cauchos. Son polímeros lineales amorfos, generalmente insaturados, que son sometidos al proceso de vulcanización, adquieren una estructura parcialmente reticulada, que le confiere sus propiedades elásticas, los cauchos de uso más generalizado son:

- Cauchos sintéticos del 25% de Estireno y 75% de Butadieno (S.B.R), para mejorar su adhesividad se le incorpora ácido acrílico.
- Isopreno: caucho natural, se le usa para hacer caucho sintético.
- Neopreno: caucho sintético con gran resistividad a los agentes atmosféricos, se usa en carreteras para apoyo de vigas y estructuras.
- Estireno - Butadieno - Estireno o Caucho Termoplástico (S.B.S): desarrollado en Estados Unidos en la década de los 60's en adhesivos y suelos, llega luego al asfalto; los dos homopolímeros que lo forman son incompatibles entre sí. El más incompatible el estireno: con temperatura de Cristalización 100 °C.

2.2.5. Compatibilidad asfalto-polímero. Según Thompson: “cada polímero tiene un tamaño de partícula de dispersión óptica para mejorar las propiedades reológicas”. Toda acción cuyo efecto sea la modificación de la composición química del asfalto conduce inevitablemente, a la modificación de su estructura y de sus propiedades. Si se mezclan en caliente, sin precauciones especiales, un asfalto y un polímero, se obtiene alguno de los tres resultados siguientes:

- Mezclas heterogéneas: es el caso más probable y ocurre cuando el asfalto y el polímero son incompatibles
- Mezcla totalmente homogénea: incluso a nivel molecular, es el caso, poco frecuente, de la compatibilidad perfecta; en este caso, el ligante es extremadamente estable, pero la modificación de sus propiedades de uso es muy débil respecto a las del asfalto original, solo se aumenta su viscosidad, no es, pues el resultado deseado.
- Mezcla micro-heterogénea y constituida por dos fases finalmente imbricadas: es el caso de la compatibilidad deseada, que permite realmente modificar el ligante, es un sistema de características, el polímero compatible “se hincha” absorbiendo una parte de las fracciones aceitosas ligeras del asfalto, para formar una fase polimérica de la fase asfáltica residual constituida por las fracciones pesadas del ligante-aceites restantes y asfaltenos. (IBID. Pág. 29)

2.2.5.1 Polímeros compatibles. Los polímeros idóneos para mejorar la propiedad de los asfaltos para uso vial son aquellos que cumplen las siguientes características:

- Cadena general suficientemente larga.
- Baja polaridad, para facilitar su compatibilidad con el asfalto.
- Peso molecular elevado, pero no excesivamente alto, para disminuir riesgos por excesiva viscosidad y problemas de dispersión.

- Baja temperatura vítrea, para permitir mejorar los problemas de deformación a bajas temperaturas.

De acuerdo con lo anterior, son dos familias de polímeros, las más utilizadas:

- **Plastómeros**, basados normalmente en copolímeros de etileno, generalmente EVA, cuyos grados difieren en función de la cuantía de acetato de vinilo y peso molecular.
- **Elastómeros**, generalmente consistentes en copolímeros del tipo SBS, que se distinguen por su contenido de estireno y su configuración, lineal o radial. (IBID. Pág. 31)

El Cuadro 1 muestra un panorama general de las mejoras obtenidas al modificar los asfaltos con las diferentes clases de polímeros compatibles, así como la incorporación de llantas de caucho usadas, y brinda una indicación de sus costos relativos.

Cuadro 1. Mejoras en el asfalto.

Panorama del mejoramiento producido en las propiedades de los ligantes por diferentes clases de polímeros						
Polímero	Resistencia			Adhesión de los agregados	Resistencia al envejecimiento	Incremento de Costos
	A la deformación permanente	Al agitación				
Termoendurecibles	+++	++	++	+	+	Muy alto
Elastómeros	++	++	++	+	0/+	Medio alto
Plastómeros	1	+	0	0	0	Medio medio
Caucha de llanta usada	0/+	+ / ++	1	0	0	Medio
1 Excelente +++ Muy Efectivo ++ Mejora Sustancial 0 Poca o ninguna mejora						

Fuente: MONTEJO FONSECA. Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. 2002

Los polímeros termoendurecibles producen ligantes de propiedades muy superiores, pero resultan muy costosos y difíciles de elaborar y aplicar. Los ligantes con niveles significativos de elastómeros (tipo SBS) mejoran sustancialmente la resistencia a la deformación y al fisuramiento térmico y por fatiga, mejoran la adhesividad con los agregados y también favorecen la resistencia al envejecimiento. Los ligantes que contienen plastómeros como el EVA, mejoran la resistencia a la deformación permanente, pero tienen menor efecto sobre las demás características, por último, el comportamiento con caucho de llantas es muy variable, dependiendo del tipo y porcentaje de caucho y de las condiciones de procesamiento. Para generar los beneficios indicados en el cuadro 3, se requiere incorporar entre 8% y 20% de caucho, a temperaturas muy elevadas (200°C a 230 °C).

2.2.5.2 Hule de llanta. Las propiedades que adquiere el asfalto al añadirle este tipo de hule son similares a las que se obtienen con el polímero SBR o SBS aunque, se deben utilizar dosificaciones más elevadas. Las llantas para ser utilizadas como agentes modificadores de asfalto requieren de un proceso físico para reducir sus dimensiones, el cual suele ser complejo. Estos asfaltos modificados presentan altas viscosidades por lo que se requiere el empleo de algún fluidificante, alrededor del 6% de queroseno. Son usados principalmente en riegos de sello destinados a absorber las grietas debidas a contracciones y dilataciones, estos riegos son llamados SAM (membranas de absorción de tensiones). (IBID. Pág. 33)

2.2.6 Mezcla asfáltica en caliente. Constituye el tipo más generalizado de mezcla asfáltica y se define como mezcla asfáltica en caliente, de la combinación de un ligante hidrocarbonado, agregados incluyendo el polvo mineral y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del agregado queden muy bien recubiertas por una película homogénea de ligante. Su proceso de fabricación implica calentar el ligante y los agregados (excepto, eventualmente, el polvo mineral de aportación) y su puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior al ambiente.

Se emplean tanto en la construcción de carreteras, como de vías urbanas y aeropuertos, y se utilizan tanto para capas de rodadura como para capas inferiores de los firmes. Existen a su vez

subtipos dentro de esta familia de mezclas con diferentes características. Se fabrican con asfaltos, aunque en ocasiones se recurre al empleo de asfaltos modificados, las proporciones pueden variar desde el 3% al 6% de asfalto en volumen de agregados pétreos. (PADILLA. 2004)

2.2.6.1 Evolución de los diseños de mezclas asfálticas en caliente. A continuación, se muestra la evolución de los métodos de diseños de mezclas asfálticas en caliente.

- The Hubbard-Field (1920's). Método de diseño de mezclas asfálticas, fue uno de los primeros métodos en evaluar contenidos de vacíos en la mezcla y en el agregado mineral. Usaba una estabilidad como prueba para medir la deformación. Funcionó adecuadamente para evaluar mezclas con agregados pequeños o granulometrías finas, pero también para mezclas con granulometrías que contenían agregados grandes.
- Método Marshall (1930). Método de diseño de mezclas asfálticas, desarrollado durante la segunda guerra mundial y después fue adaptado para su uso en carreteras. Utiliza una estabilidad y porcentaje de vacíos como pruebas fundamentalmente. Excepto cambios en las especificaciones, el método no ha sufrido modificación desde los años 40's.
- Método Hveem (1930's). Método de diseño de mezclas asfálticas, desarrollado casi en el mismo tiempo que el método Marshall.
- Método de la Western Association of State Highway on Transportation Officials. WASHTO (1984). Este método de diseño de mezclas recomendó cambios en los requerimientos del material y especificaciones de diseño de mezclas para mejorar la resistencia.
- Método de Asphalt Aggregate Mixture Analysis System. AAMAS (1987). La necesidad de cambios en el diseño de mezclas fue reconocida, tardaron 2 años para desarrollar un nuevo proyecto para el diseño de mezclas, que incluía un nuevo método de compactación en laboratorio y la evaluación de las propiedades volumétricas, desarrollo de pruebas para identificar las deformaciones permanentes, grietas de fatiga y resistencia a las grietas a baja temperatura.

- Método SUPERPAVE (1993) basado en la predicción a través de modelos y métodos de ensayo en laboratorio, grietas por fatiga y grietas por baja temperatura. Los modelos de predicción de funcionamiento fueron completados satisfactoriamente hasta el año 2000. El diseño volumétrico de mezclas en el SUPERPAVE es actualmente implementado en varios estados de los Estados Unidos, debido a que ha sido reconocida una conexión entre las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica caliente y su correcto funcionamiento. SUPERPAVE promete un funcionamiento basado en métodos o ensayos de laboratorio que pueden ser usados para identificar la resistencia a las deformaciones plásticas de los pavimentos.

3. DESCRIPCIÓN DE LOS AGREGADOS

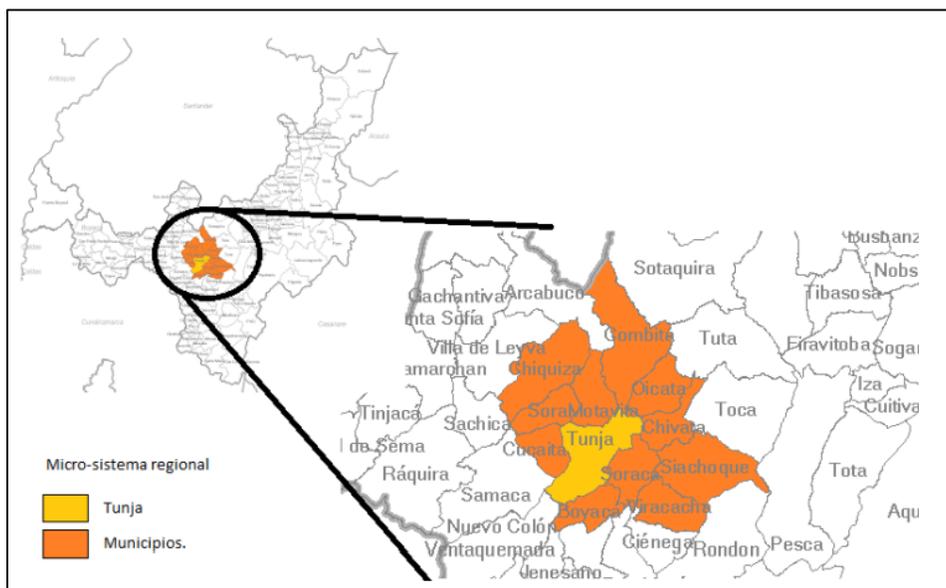
Para la realización del presente trabajo de investigación los datos de agregados utilizados fueron suministrados por la cantera “Agregados Santa Lucia” y el asfalto por Manufacturas y Procesos Industriales (MPI); los cuales se describen con más detalle a continuación.

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA UBICACIÓN DE LA CANTERA “AGREGADOS SANTA LUCIA” CUCAITA – BOYACÁ

La planta Agregados Santa Lucia se localiza hacia el sur occidente del municipio de Cucaita en el departamento de Boyacá, sobre la vía que conduce de Tunja a Villa de Leyva a la altura del Kilómetro 19.

A continuación, en la Figura 3 se observa la ubicación del municipio del cual se suministraron los agregados pétreos.

Figura 3. Localización geográfica de agregados Santa Lucia.



Fuente: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Caracterización socioeconómica de Tunja y de la región Central. Facultad de Ingeniería. Escuela de Transporte y Vías. Grupo de investigación y desarrollo en planeación y operación del transporte

GIDPOT

Agregados Santa Lucia es una empresa dedicada al servicio de la ingeniería, en la explotación, beneficio, aplicación, acopio y comercialización de agregados. En la Figura 4 se observan las instalaciones de la cantera Santa Lucía.

Figura 4. Instalaciones cantera agregados Santa Lucia.



Fuente: Propia

3.2 MANUFACTURAS Y PROCESOS INDUSTRIALES LTDA (MPI)

En Colombia y alrededor del mundo, para la elaboración de mezclas asfálticas en caliente, la falta de adherencia entre los agregados y el asfalto, ha sido el motivo de numerosas investigaciones orientadas a solucionar esta problemática y disminuir los perjuicios originados en los pavimentos asfálticos como consecuencias de este fenómeno.

Con las investigaciones se ha logrado mejorar las propiedades de adherencia de los asfaltos colombianos, mediante la incorporación de aditivos, conocidos como “mejoradores de adherencia”, garantizando en la planta que el producto final se mantenga siempre con valores adecuados de penetración, punto de ablandamiento, viscosidad a 60°C y todas las propiedades especificadas por el INVIAS para el buen desempeño de las mezclas asfálticas para pavimentos. (MPI, MANUFACTURA Y PROCESOS INDUSTRIALES)

Estos aditivos son agentes que una vez adicionados al asfalto, en condiciones estrictamente controladas ,reaccionan y mejoran la interacción de éste con los agregados, orientando las moléculas más polares del ligante hacia el árido para neutralizar las cargas de la superficie mineral, actuando sobre los agregados modificando su superficie y haciéndolos “más mojables” por el asfalto que por el agua; los efectos son analizados a través de métodos que incluyen valoraciones visuales de mezclas sueltas y compactadas.

MPI tiene diferentes sedes en Cartagena, Bucaramanga, Villavicencio y en la ciudad de Barrancabermeja se encuentra localizada en la carrera 19 con calle 72 en el barrio la Libertad, tal como se observa en la Figura 5.

Figura 5. Ubicación de Manufacturas y Procesos Industriales (MPI)



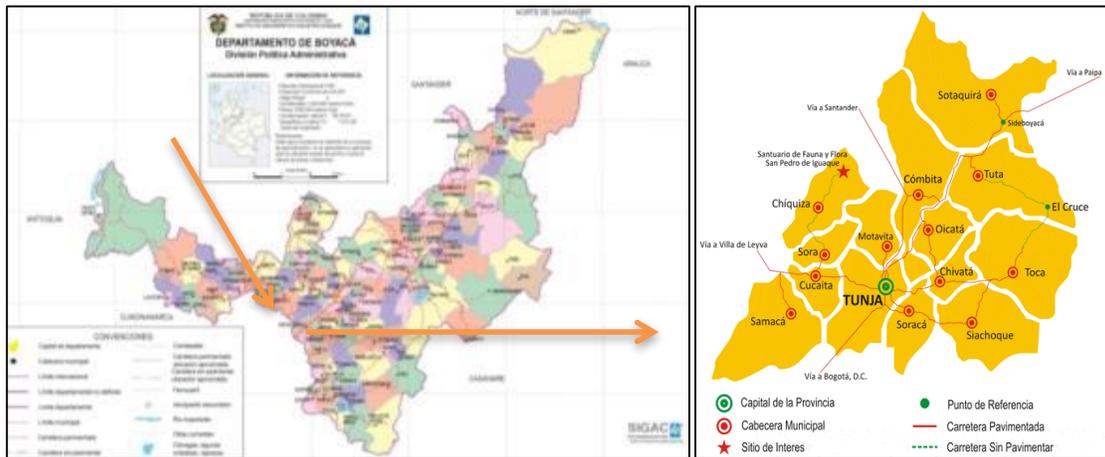
Fuente: <http://www.iglobal.co/colombia/barrancabermeja/barrancabermeja/asphalt-felts-and-coatings-in-bucaramanga/manufacturas-y-procesos-industriales-ltda/map.html>

3.3 DESCRIPCION DEL AREA DE INFLUENCIA

La Ciudad de Tunja se encuentra localizada en el valle del alto Chicamocha en la región del altiplano cundiboyacense, sobre la cordillera oriental de los Andes en el centro del país, tal como se ilustra en la Figura 6. Existen tres zonas orográficas dentro de la zona urbana: La planicie a más de 2800 metros sobre el nivel del mar, la meseta hacia el centro y sur de la ciudad donde se

encuentra el centro histórico y las colinas donde alcanza los 3000 metros en los barrios de la zona occidental. En la zona rural, la altura sobre el nivel del mar oscila entre 2.700 msnm hasta los 3.150 msnm en límites con el municipio de Cucaita. La altura promedio es de 2820 msnm lo que la hace la capital más alta de Colombia y una de las quince ciudades más altas del mundo.

Figura 6. Localización geográfica del área de influencia de Tunja.



Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)

4. ESTUDIO DE MERCADO

4.1 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

En el presente trabajo de investigación se realizó un análisis de precios unitarios, donde se calculó el valor total de la elaboración de una briqueta para el diseño de la mezcla. Los cálculos correspondientes se muestran en detalle en el Cuadro 2.

Los valores de referencia fueron tomados del Análisis de Precios Unitarios (APU) vigentes para el año 2013 en la regional Boyacá, que contempla el Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

4.2 COMPARATIVO DEL ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Para estudiar la pre-factibilidad de uso de las mezclas asfálticas modificadas con goma de neumático se realizó un comparativo del beneficio-costos que estas mezclas poseen con respecto a una mezcla asfáltica convencional.

A continuación, se observa el análisis de precios unitarios que contempla el Instituto Nacional de Vías para la Regional Boyacá para una mezcla modificada con polímeros tipo II el cual es similar al asfalto modificado con goma de neumático.

Análisis de precios unitarios de una mezcla densa en caliente tipo MDC-2 convencional.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS
DIRECCIÓN TÉCNICA



B0014440	m3	Mezcla abierta en caliente MAC-2	250.740
----------	----	----------------------------------	---------

Análisis de precios unitarios de una mezcla modificada.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS
DIRECCIÓN TÉCNICA



B0014502	m3	Mezcla densa en Caliente MDC-19	410.920
----------	----	---------------------------------	---------

Al analizar los precios unitarios se concluye que la mezcla fabricada con goma de neumático que el asfalto modificado es el 24% más costoso que una mezcla asfáltica convencional. Sin embargo, el beneficio lo determina la vida útil de un pavimento el cual está conformado por un conjunto de costos como lo son construcción, mantenimiento y reconstrucción, y para el caso de la mezcla fabricada con goma de neumático, dado su módulo dinámico mayor, se evidencia que presenta una mayor vida útil.

5. PREFACTIBILIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA CON GOMA DE NEUMATICO.

Con los análisis de precios unitarios anteriormente mencionados se aprecia que la mezcla asfáltica modificada tiene un costo del 24% más elevado que la mezcla asfáltica convencional.

Según estudios de investigación realizados, para la región de Tunja la cual tiene una temperatura de 13 ° C, es factible utilizar esta mezcla, donde el módulo dinámico correspondiente a la mezcla es de 4.800 Mpa. Lo cual indica que la mezcla asfáltica modificada con goma de neumático posee mayor resistencia, en comparación a una mezcla convencional que es de 2.000 Mpa.

La Universidad de los Andes mediante pruebas de laboratorios han demostrado que el asfalto modificado con grano de reciclado incrementa la vida útil del pavimento, pues disminuye las fisuras, el ahuellamiento, posee mayor resistencia al envejecimiento, reduce el costo de mantenimiento; factores por lo cual lo hace optimizar costos a largo plazo.

6. ANÁLISIS FINANCIERO

6.1. ASFALTO MODIFICADO

6.1.1. Presupuesto

PRESUPUESTO							
Nº	DESCRIPCION	CANT	DIK	FM	SALARIO	TIEMPO (MES)	COSTO TOTAL
1	PERSONAL						
1,1	Ingeniero Especialista en Pavimentos	1	50%	1,60	\$ 4.500.000	12,00	\$ 43.200.000,00
1,2	Ingeniero de Vías y Transporte	1	100%	1,60	\$ 2.500.000	12,00	\$ 48.000.000,00
1,3	Laboratoristas	2	100%	1,60	\$ 3.500.000	12,00	\$ 134.400.000,00
1,4	Operador	2	100%	1,60	\$ 1.500.000	12,00	\$ 57.600.000,00
1,5	Auxiliar	2	100%	1,60	\$ 1.300.000	12,00	\$ 49.920.000,00
1,6	Control de Calidad	1	100%	1,60	\$ 2.500.000	12,00	\$ 48.000.000,00
SUBTOTAL PERSONAL							\$ 381.120.000,00
2	OTROS COSTOS DIRECTOS	CANT		UND	VALOR		
2,1	INSUMOS PARA OFICINA,(MOBILIARIO, COMUNICACIONES, SISTEMAS, DOTACIONES, EDICION DE INFORMES, PAPELERIA, PLANOS, MEDIO MAGNETICO, DOCUMENTOS Y COPIAS).	12		MES	\$ 4.500.000,00		\$ 54.000.000,00
2,2	Asfalto Modificado, Mezcla densa en Caliente MDC-19	1		m3	\$ 410.920,00		\$ 410.920,00
TOTAL COSTOS DE ADMINISTRACIÓN							\$ 435.530.920,00

6.1.2. Flujo de caja

Inversión inicial	Incremento anual	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversiones fijas		\$91.131.652,00					
Inversiones diferidas		\$11.800.000,00					
Capital de trabajo		\$72.588.486,67					
Prestamo Fondo emprendedor		\$ 61.758.991					
Total inversión inicial		\$175.520.138,67					

Amortización de la deuda		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Pago cuota anual obligación capital	3		\$16.291.866,29	\$15.500.473,85	\$15.500.473,85	\$15.500.473,85	\$15.500.473,85
Intereses saldo			\$9.624.574,73	\$10.587.032,21	\$11.645.735,43	\$12.810.308,97	\$14.091.339,87
saldo		\$ 61.758.991	\$5.875.899,12	\$4.913.441,65	\$3.854.738,43	\$2.690.164,88	\$1.409.133,99
			\$52.134.416,47	\$41.547.384,26	\$29.901.648,84	\$17.091.339,87	\$3.000.000,00

	Incremento anual	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cantidad de usuarios pagos	25%		6.000	6.060	6.121	6.182	6.244
Precio de productos	15%		\$460.000	\$496.800	\$536.544	\$579.468	\$625.825
Ingresos totales			\$2.760.000.000	\$3.010.608.000	\$3.283.971.206	\$3.582.155.792	\$3.907.415.538

ESTADO DE RESULTADOS		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas estimadas			\$2.760.000.000	\$3.010.608.000	\$3.283.971.206	\$3.582.155.792	\$3.907.415.538
Costos de venta	45%		\$1.242.000.000	\$1.354.773.600	\$1.477.787.043	\$1.611.970.106	\$1.758.336.992
Depreciación			\$18.226.330	\$18.226.330	\$18.226.330	\$18.226.330	\$18.226.330
Utilidad marginal			\$1.499.773.670	\$1.637.608.070	\$1.787.957.833	\$1.951.959.355	\$2.130.852.215
Gastos de administración			\$435.530.920	\$466.018.084	\$498.639.350	\$533.544.105	\$570.892.192
Gastos financieros			\$5.875.899,12	\$4.913.441,65	\$3.854.738,43	\$2.690.164,88	\$1.409.133,99
Utilidad bruta			\$1.058.366.850,48	\$1.166.676.543,55	\$1.285.463.744,39	\$1.415.725.085,45	\$1.558.550.889,26
Impuestos ISR	21%		\$222.257.038,60	\$245.002.074,15	\$269.947.386,32	\$297.302.267,95	\$327.295.686,75
Utilidad neta			\$836.109.811,88	\$921.674.469,41	\$1.015.516.358,06	\$1.118.422.817,51	\$1.231.255.202,52
(+) depreciaciones			\$18.226.330	\$18.226.330	\$18.226.330	\$18.226.330	\$18.226.330
(-) inversión inicial		-\$102.931.652,00					
(+) prestamo		\$61.758.991,20					
(-) pago a principales			\$9.624.574,73	\$10.587.032,21	\$11.645.735,43	\$12.810.308,97	\$14.091.339,87
(-) Capital de trabajo		-\$72.588.486,67					
Flujo de Caja operativo		-\$113.761.147,47	\$844.711.567,55	\$929.313.767,60	\$1.022.096.953,04	\$1.123.838.838,94	\$1.235.390.193,05
(+) Capital de trabajo							\$72.588.486,67
(+) Recuperación inversiones fijas							\$27.339.495,60
Flujo de caja neto		-\$113.761.147,47	\$844.711.567,55	\$929.313.767,60	\$1.022.096.953,04	\$1.123.838.838,94	\$1.335.318.175,32

VPN	\$2.905.622.409,03
TIR	752,53%
B/C	\$9.588.954.655,91
	\$5.663.131.048,95
B/C	1,69

6.2.ASFALTO CONVENCIONAL

6.2.1. Presupuesto

PRESUPUESTO							
Nº	DESCRIPCION	CANT	DIK	FM	SALARIO	TIEMPO (MES)	COSTO TOTAL
1	PERSONAL						
1,1	Ingeniero Especialista en Pavimentos	1	50%	1,60	\$ 4.500.000	12,00	\$ 43.200.000,00
1,2	Ingeniero de Vías y Transporte	1	100%	1,60	\$ 2.500.000	12,00	\$ 48.000.000,00
1,3	Laboratoristas	2	100%	1,60	\$ 3.500.000	12,00	\$ 134.400.000,00
1,4	Operador	2	100%	1,60	\$ 1.500.000	12,00	\$ 57.600.000,00
1,5	Auxiliar	2	100%	1,60	\$ 1.300.000	12,00	\$ 49.920.000,00
1,6	Control de Calidad	1	100%	1,60	\$ 2.500.000	12,00	\$ 48.000.000,00
SUBTOTAL PERSONAL							\$ 381.120.000,00
2	OTROS COSTOS DIRECTOS	CANT		UND	VALOR		
2,1	INSUMOS PARA OFICINA,(MOBILIARIO, COMUNICACIONES, SISTEMAS, DOTACIONES, EDICION DE INFORMES, PAPELERIA, PLANOS, MEDIO MAGNETICO, DOCUMENTOS Y COPIAS).	12		MES	\$ 4.500.000,00		\$ 54.000.000,00
2,1	Asfalto Convencional Mezcla abierta en caliente MAC-2	1		m3	\$ 250.740,00		\$ 250.740,00
TOTAL COSTOS DE ADMINISTRACIÓN							\$ 435.370.740,00

6.2.2. Flujo de caja

Inversión inicial	Incremento anual	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversiones fijas			\$91.131.652,00				
Inversiones diferidas			\$11.800.000,00				
Capital de trabajo			\$72.561.790,00				
Prestamo Fondo emprender		\$	61.758.991				
Total inversión inicial			\$175.493.442,00				

Amortización de la deuda		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Pago cuota anual obligación capital	3		\$16.291.866,29	\$15.500.473,85	\$15.500.473,85	\$15.500.473,85	\$15.500.473,85
Intereses saldo			\$9.624.574,73	\$10.587.032,21	\$11.645.735,43	\$12.810.308,97	\$14.091.339,87
saldo		\$	\$5.875.899,12	\$4.913.441,65	\$3.854.738,43	\$2.690.164,88	\$1.409.133,99
			\$61.758.991	\$52.134.416,47	\$41.547.384,26	\$29.901.648,84	\$17.091.339,87
							\$3.000.000,00

	Incremento anual	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cantidad de usuarios pagos	25%		6.000	6.060	6.121	6.182	6.244
Precio de productos	15%		\$460.000	\$496.800	\$536.544	\$579.468	\$625.825
Ingresos totales			\$2.760.000.000	\$3.010.608.000	\$3.283.971.206	\$3.582.155.792	\$3.907.415.538

ESTADO DE RESULTADOS		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas estimadas			\$2.760.000.000	\$3.010.608.000	\$3.283.971.206	\$3.582.155.792	\$3.907.415.538
Costos de venta	45%		\$1.242.000.000	\$1.354.773.600	\$1.477.787.043	\$1.611.970.106	\$1.758.336.992
Depreciación			\$18.226.330	\$18.226.330	\$18.226.330	\$18.226.330	\$18.226.330
Utilidad marginal			\$1.499.773.670	\$1.637.608.070	\$1.787.957.833	\$1.951.959.355	\$2.130.852.215
Gastos de administración			\$435.370.740	\$465.846.692	\$498.455.960	\$533.347.877	\$570.682.229
Gastos financieros			\$5.875.899,12	\$4.913.441,65	\$3.854.738,43	\$2.690.164,88	\$1.409.133,99
Utilidad bruta			\$1.058.527.030,48	\$1.166.847.936,15	\$1.285.647.134,47	\$1.415.921.312,84	\$1.558.760.852,57
Impuestos ISR	21%		\$222.290.676,40	\$245.038.066,59	\$269.985.898,24	\$297.343.475,70	\$327.339.779,04
Utilidad neta			\$836.236.354,08	\$921.809.869,56	\$1.015.661.236,23	\$1.118.577.837,15	\$1.231.421.073,53
(+) depreciaciones			\$18.226.330	\$18.226.330	\$18.226.330	\$18.226.330	\$18.226.330
(-) inversión inicial		-\$102.931.652,00					
(+) prestamo		\$61.758.991,20					
(-) pago a principales			\$9.624.574,73	\$10.587.032,21	\$11.645.735,43	\$12.810.308,97	\$14.091.339,87
(-) Capital de trabajo		-\$72.561.790,00					
Flujo de Caja operativo		-\$113.734.450,80	\$844.838.109,75	\$929.449.167,76	\$1.022.241.831,20	\$1.123.993.858,58	\$1.235.556.064,06
(+) Capital de trabajo							\$72.561.790,00
(+) Recuperación inversiones fijas							\$27.339.495,60
Flujo de caja neto		-\$113.734.450,80	\$844.838.109,75	\$929.449.167,76	\$1.022.241.831,20	\$1.123.993.858,58	\$1.335.457.349,66

VPN	\$2.906.063.116,69
TIR	752,81%
B/C	\$9.588.954.655,91
	\$5.662.620.100,32
B/C	1,69

7. ANÁLISIS AMBIENTAL

Uno de los principales objetivos de crear mezclas modificadas con caucho es recolectar los neumáticos fuera de uso. A continuación, se presentan una serie de estadísticas a nivel mundial de la producción de la llanta.

- Aproximadamente 300 millones de llantas de neumático son desechadas anualmente en los Estados Unidos.
- En Puerto Rico se produce 1 neumático/habitante/año.
- En Brasil se producen anualmente cerca de 45 millones de llantas.
- En México se estima un desecho de 1/4 de llanta por habitante por año.
- La producción mundial es aprox. de 20 millones de toneladas por año.
- En Colombia, se producen 18.000 toneladas de neumáticos como desecho al año.
- En 2010 las llantas usadas en Bogotá D.C fueron de 2.642.938
- En el departamento de Boyacá se generaron 1.200.000 llantas desechadas.

El uso de mezclas asfálticas modificadas con goma de neumático posee varias ventajas como lo son:

- Aumenta la resistencia al envejecimiento y oxidación del ligante asfáltico.
- Aumenta la resistencia de la mezcla al agrietamiento por bajas temperaturas.
- Disminuye la susceptibilidad térmica del asfalto.
- Aumenta la resistencia a la humedad.
- Ligante asfáltico más resistente al calor y al sobrecalentamiento debido al proceso de vulcanización de la llanta.
- Aumento de la elasticidad del ligante
- Mayor resistencia al desgaste por abrasión.
- Disminuye el ruido de rodadura.
- Mejoras las propiedades reológicas del asfalto.

- Menor espesor de capa asfáltica.
- Ayuda a disminuir el impacto ambiental negativo que producen las llantas usadas.
- Mezclas más durables y por lo tanto con menor necesidad de mantenimiento.

Al igual que también posee unas desventajas como lo son:

- Alto costo del polímero.
- Dificultades del mezclado: no todos los polímeros son compatibles con el asfalto.
- Los agregados no deben estar húmedos ni sucios.
- La temperatura mínima de distribución es de 145°C por su rápido endurecimiento.
(RONDON 2011)

Diversos países están experimentando tramos de prueba, por ejemplo:

- En Rusia se están haciendo pruebas de laboratorio donde funden el hule (suavizan) antes de incorporarlo al asfalto. Este proceso depende de las características del asfalto, principalmente de la cantidad y características de los aromáticos contenidos en él y del incremento del tiempo de reacción.
- En España se realizan pruebas incorporando hule molido de llantas al agregado pétreo antes de adicionarle el cemento asfáltico.
- La utilización de la llanta usada como materia prima para producción de pavimento asfáltico o asfalto modificado con Grano de Caucho Reciclado (GCR), con reconocido éxito de su aplicación en países como Canadá, Estados Unidos y todo Europa, entre otros, con base en la adición de caucho pulverizado (malla 20/ malla 30) durante la fabricación de pavimento asfáltico.
- La ciudad de La Plata en Argentina cuenta con su primer tramo de pavimento ecológico, disponibilidad de caucho procedente de recuperaciones de neumáticos suficientes como para abastecer a la industria vial del país.

Varios países, como USA, Canadá, Brasil y España entre otros, han incorporado este tipo de mezclas en tareas de conservación y construcción de pavimentos. En Chile, el estudio de las mezclas asfalto caucho se ha venido investigando desde el año 1999. Hoy en día las ciudades buscan mejorar las condiciones ambientales, para ello han implementado programas enfocados al reciclaje que permitan la disminución de contaminación y de esta manera contribuir con el mejoramiento del medio ambiente. Las autoridades le apuestan a ciudades verdes enmarcadas en políticas sostenibles, es por ello que en Colombia se han creado empresas que procesan los neumáticos fuera de uso, y de ésta manera contribuyen con el mejoramiento del medio ambiente.

En Colombia, se producen 18.000 toneladas de neumáticos como desecho al año, las cuales provocan graves problemas medioambientales, ya que produce emisiones de gases que contienen partículas nocivas para el entorno. El almacenamiento inadecuado provoca problemas de estabilidad por la degradación química parcial que éstas sufren, ocupan un espacio considerable, e imposibilitan la compactación de los vertederos. Las montañas de llantas forman arrecifes donde la proliferación de roedores, insectos y otros animales dañinos constituye un problema añadido. Algunas formas de tratamiento de las llantas usadas son: termólisis, pirolisis, incineración, trituración criogénica, trituración mecánica, entre otras. (IBID)

Colombia cuenta con políticas establecidas, según el ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, (MINISTERIO DE AMBIENTE) mediante resolución 1457 del 2010 se establece “Los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas”, en la cual se establece a cargo de los productores de llantas, la obligación de formular, presentar e implementar los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente. El proceso de recolección de llantas usadas, el cual debería operar de manera ininterrumpida y progresiva hasta la puesta en marcha de los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas.

Dichos sistemas permiten a los consumidores, devolver sin ningún costo las llantas usadas, a través de puntos de recolección accesibles para su posterior gestión ambiental adecuada.

Es importante resaltar que, con la expedición de la resolución, se estableció un escenario claro que permitió que inversionistas nacionales y extranjeros apostaran por implementar tecnologías de gestión para llantas usadas en el país. Entre las plantas que se encuentran instaladas y las que se encuentran en conformación, el país contara finalizando este año con una capacidad instalada para trituración con generación de granulometría de 7 ton/hora.

Así mismo, el proceso de reencauche se encuentra contemplado como parte del aprovechamiento y valorización de llantas usadas. En este sentido, el país cuenta con el reglamento técnico para llantas neumáticas que se fabriquen, importen o se reencauchen, el cual se estableció a través de la resolución 0481 del 2009. Según la Asociación Nacional de Reencauchadores ANRE, en el país se reencauchan aproximadamente 700.000 llantas/año, con un promedio de 3 a 4 llantas por cada 10 puestas en el mercado.

Adicionalmente el ministerio expidió la resolución 1488 de 2003. “por la cual se establecen los requisitos, las condiciones y los límites máximos permisibles de emisión, bajo los cuales se debe realizar la disposición final de llantas usadas y nuevas con desviación de calidad, en hornos de producción de Clinker de plantas cementeras” orientada a la valoración energética y reducción de volumen.

Y aunque en el departamento de Boyacá no se cuenta con una norma establecida, en la ciudad de Bogotá si lo hacen, mediante la resolución 6981 de 2011, “por la cual se dictan lineamientos para el aprovechamiento de llantas y neumáticos usados, y llantas no conformes en el distrito capital” la cual establece que a partir del segundo semestre del 2012, toda persona que ejecute y adelante procesos constructivos de obras de infraestructura del transporte deberán prever el uso de materiales provenientes del aprovechamiento de llantas en un porcentaje no inferior al 5% de metro cuadrados por cada contrato de obra.

Además, en el marco de la COP 10 realizada en la ciudad de Cartagena de Indias, con la participación de más de 120 países se aprobó la Guía para la Gestión Integral de Llantas, en la que se considera viable la construcción de obras de ingeniería a partir de llantas usadas.

Por las razones descritas anteriormente y bajo la normatividad establecida para Colombia, reciclar las llantas es una manera de beneficiar a las personas y sobre todo el medio ambiente y de esta manera generar cambios positivos todos los seres vivos.

Según la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), para el año 2012 en Boyacá se desecharon 1 200 000 unidades de llantas a través de los sistemas aprobados por la ANLA; a nivel nacional se cuenta con más de 260 puntos de recolección de llantas, pero específicamente en el departamento de Boyacá se cuenta con 5 puntos, los cuales cuatro se encuentran en el municipio de Duitama, y tan sólo uno en la capital del departamento de Boyacá, cuyo nombre es Energética Coexito Tunja ubicado en la avenida norte # 45-47.

El uso de las llantas desechadas enmarcado en procedimientos adecuados de su respectivo tratamiento es benéfico para el medio ambiente y para la sociedad en general, ya que con el aprovechamiento de dicha materia prima se pueden generar asfaltos modificados con grano reciclado y de esta manera evita tener montañas de llantas, reducir el espacio en las que se almacenan, y por supuesto evitar la generación de enfermedades que pueden generar problemas de salud pública.

Ambientalmente la técnica de uso de asfalto modificado con grano de caucho permite tener ciudades competitivas tanto en cuestión de asfaltos como en la parte ambiental. Es decir que el uso de dicha materia prima es viable y además ayuda con el mejoramiento de las vías y a reducir el número de llanta en desuso, cumpliendo con el principio ambiental de jerarquía reutilizando y reciclando los residuos.

8. CONCLUSIONES

Al realizar los ensayos de laboratorio de caracterización de los agregados de la cantera Santa Lucia, se establece que cumplen con los parametros establecidos por las especificaciones señaladas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), en su artículo 400-07.

En la ciudad de Tunja si es factible utilizar la mezcla asfáltica modificada con goma de neumático, donde el módulo dinámico correspondiente a la mezcla fue de 4.800 Mpa, y para una mezcla convencional es del orden de 2.000 Mpa.

El módulo dinámico de 4.800 Mpa, indica menor susceptibilidad térmica de la mezcla asfáltica, lo cual favorece que no se fisure fácilmente a bajas temperaturas, ni haya un exceso riesgo de deformabilidad a elevadas temperaturas.

Al analizar los precios unitarios se determina que la mezcla fabricada con asfalto modificado con caucho de llanta es 23% más costosa que una mezcla convencional. Sin embargo, el beneficio lo determina la vida útil de un pavimento el cual está en función del módulo dinámico de la mezcla, entre otras características.

El uso que se le puede dar a la mezcla asfáltica modificada con goma de neumático, en el área de influencia de Tunja, es para la construcción de capas de rodadura y capas inferiores, su función es proporcionar una superficie de rodamiento cómoda, segura para los usuarios de las vías, facilitando la circulación de los vehículos, soportando las cargas impuestas por el tránsito y los agentes atmosféricos.

El uso del neumático contribuye con el mejoramiento del medio ambiente, pues se reduce el espacio que ocupan los mismos evitando incendios, la propagación de insectos, enfermedades entre otros.

Esta problemática del mal uso que se le da a estas llantas sin utilizar, incentiva a las nuevas generaciones ecológicas, una motivación para continuar estudiando el tema, generar oportunidades de nuevos negocios, generar empleo verde e incentivar el cambio cultural para cuidar el medio ambiente.

9. RECOMENDACIONES

Realizar un tramo de prueba en los alrededores de la ciudad de Tunja; ya que es el área de influencia para la cual se hizo el análisis de los agregados, para determinar en campo el comportamiento de la mezcla.

Realizar un tramo de prueba, con base en los resultados obtenidos de la caracterización de los agregados y del asfalto obtenidos en la investigación realizada, con el fin de analizar el comportamiento del pavimento, bajo condiciones de carga.

Se propone generar nuevas investigaciones en las cuales se haga uso de otros materiales que mejoren las condiciones de un pavimento, y la calidad de los existentes; buscando nuevos materiales como el pvc, fibras, bolsas de plástico y demás materiales que tengan propiedades admisibles a la hora de modificar los asfaltos, en relación al material granular.

Realizar un estudio en el cual se determine la producción anual de desechos de neumáticos en el departamento de Boyacá, ya que entidades del departamento como es CORPOBOYACA, la CAR y a nivel nacional como el MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, y la AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES no cuentan con dicha información.

Es importante darle continuidad a esta investigación realizando la mezcla para dos franjas granulométricas distintas a la franja central, para determinar cómo es el comportamiento de los módulos dinámicos.

A las plantas productoras de asfaltos modificados con goma de neumático se recomienda realizar periódicamente un control de la emisión de gases. De igual manera realizar planes de contingencia y emergencia para evitar la contaminación ambiental, que se genera con base al uso de esta mezcla asfáltica.

Si se desea implementar el uso de la mezcla asfáltica modificada con goma de neumático se sugiere adquirir una planta de asfalto para fabricar esta mezcla en la ciudad o sus alrededores, o una planta portátil para la producción de este asfalto pues de lo contrario el coste de acarreo sería alto.

10. BIBLIOGRAFÍA

AMAYA RAMÍREZ, Claudia Paola. y PRIETO CAMELO, Martha Rocio. Comparación de los resultados de la modificación de asfalto con poliestireno y llanta triturada obtenidos de procesos de mezcla manual y de mezcla con el dispersor de asfaltos. Tesis. Bogotá. 2008.

AYALA LOZA, Marvin y JUÁREZ ALARCÓN, Ivy. DISEÑO DE MEZCLA DRENANTE CON ASFALTO MODIFICADO DISPONIBLE EN EL SALVADOR. Trabajo de grado Ingeniería Civil. San Salvador. Universidad del Salvador. 2010.

CÁRDENAS, Jaleydi. y FONSECA, Elsa. Modelación del comportamiento reológico de asfalto convencional y modificado con polímero reciclado, estudiada desde la relación viscosidad-temperatura. Revista EIA. Medellín. 2009

DELGADO, H., GARNICA, P. y VILLATORO, G. y RODRÍGUEZ, G. Análisis comparativo de los métodos MARSHALL y SUPERPAVE para compactación de mezclas asfálticas. México: Instituto Mexicano del Transporte, 2005. Publicación técnica No 271.

DUSSAN N, Eduardo y FLAUTERO V, Fernando. Automatización de ensayos dinámicos del laboratorio de pavimentos en el equipo NAT (Nottingham asphalt tester) de la Pontificia Universidad Javeriana. Tesis 2005

FIGUEROA INFANTE, Ana Sofía., SÁNCHEZ CASTILLO, Arnulfo., REYES LIZCANO, Fredy Alberto. Caracterización física de un asfalto modificado con poliestireno y llanta triturada. Revista Épsilon. Bogotá. 2007.

GALLEGO MEDINA, Juan., y PRIETO MUÑOZ, Jorge N. Tipos de Mezclas Bituminosas con Caucho de Neumáticos. Experiencia Española en la Conservación de Carreteras. Congreso rodoviario portugués. Portugal. 2004.

GUEVARA M., MENDEZ H., y PIMENTEL J. DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS DENSAS EN FRIO BASADO EN EL METODO MARSHALL MODIFICADO DE LA UNIVERSIDAD DE ILLINOIS. Tesis. Santa Ana, El Salvador:, 2010

HIGUERA SANDOVAL, Carlos Hernando. Nociones sobre métodos de diseño de estructuras de pavimentos de carreteras. Principios fundamentales, el tránsito, factores climáticos y geotecnia vial Volumen I. 1 ed. Tunja. 2010. ISBN 978 – 958 – 660 – 149 – 8 24.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones y normas generales de construcción de carreteras. Bogotá, 2007.

PADILLA R, Alejandro. Análisis de la resistencia de las mezclas bituminosas densas de la normatividad mexicana mediante el ensayo de pista. Tesis. Universidad Politécnica de Cataluña. Departamento de Infraestructura del Transporte y del Territorio. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Barcelona, 2004.

PÉREZ BUITRAGO, Gonzalo. Materiales para ingeniería. Apuntes de clase-diapositivas. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Escuela de Transporte y Vías, 2011.

RAMÍREZ PALMA, Náyade Irene. Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco. Tesis. Santiago de Chile. 2008.

REYES LIZCANO, Fredy Alberto., MADRID AHUMADA, María Fernanda., y SALAS CALLEJAS, Sandra Ximena. Mezclas asfálticas modificadas con un elastómero (caucho) y un plastómeros (tiras de bolsas de leche con asfalto 80-100). Revista Infraestructura Vial. Bogotá. 2007.

RONDÓN QUINTANA, Hugo Alexander. Mezclas asfálticas modificadas con grano de caucho de llanta (gcr): estado del conocimiento y análisis de utilización en Colombia. VI Jornadas de Pavimentos y Mantenimiento Vial. Bogotá. 2011

RONDÓN QUINTANA, Hugo.; MOLANO MORA, Yennifer., y TENGO LANCHEROS Angélica. Influencia de la Temperatura de Compactación Sobre la Resistencia Bajo Carga Monotónica de Mezclas Asfálticas Modificadas con Grano de Caucho de Llantas. Revista Tecnológicas N° 29. Bogotá. 2012.

ULLOA DUARTE, Javier. Asfalto Caucho Una Propuesta - Técnica - Ambiental en la Pavimentación de Carreteras. Revista Asfaltos y Pavimentos. Bucaramanga. 2011.

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Caracterización socioeconómica de Tunja y de la región Central. Facultad de Ingeniería. Escuela de Transporte y Vías. Grupo de investigación y desarrollo en planeación y operación del transporte –GIDPOT- Tunja. 2012

VÁZQUEZ R, Idalit. Ventajas y desventajas del uso de polímeros en los asfaltos. Tesis. Universidad Veracruzana. México, 2008

11.INFOGRAFÍA

GOOGLE MAPS. Disponible en: <<http://maps.google.com/maps?> >

MPI. Manufacturas y procesos industriales. Disponible en:

<<http://mpi.net.co/pages/dashboard/actualidad.html> >