

**ESTUDIO TÉCNICO DE FACTIBILIDAD PARA EL REPARCHEO DE VÍAS DE
TRÁFICO LIVIANO USANDO PLÁSTICO RECICLADO PET Y ASFALTO EN LA
COMUNA N° 7, BARRIO LA SERRANÍA DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO,
META**

**JORGE ARIALDO PRIETO MEDINA
JULEY YISELY VELANDIA CAMACHO**

**CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
VICERRECTORIA REGIONAL LLANOS
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE PROYECTOS
VILLAVICENCIO**

2017

ESTUDIO TÉCNICO DE FACTIBILIDAD PARA EL REPARCHEO DE VÍAS DE TRÁFICO LIVIANO USANDO PLÁSTICO RECICLADO PET Y ASFALTO EN LA COMUNA N° 7, BARRIO LA SERRANÍA DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO, META

JORGE ARIALDO PRIETO MEDINA
JULEY YISELY VELANDIA CAMACHO

Trabajo de grado para optar por el título de
Especialista en gerencia de proyectos

PABLO CESAR GALVIS
Asesor de Proyecto

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE PROYECTOS
VILLAVICENCIO

2017

Dedicatoria

El presente trabajo de grado es dedicado a Dios quien nos da sabiduría, sueños y fuerza, a nuestras familias quienes nos han apoyado constantemente para realizar este sueño, de parte de Jorge A. Prieto dedico este proyecto a mi esposa Aida Luz Restrepo Peña y mi hijo Santiago Prieto por su constante ánimo; de parte de Juley Velandia dedico este proyecto a mi padre Hipólito Velandia Velandia quién desde lo más alto del cielo continúa guiando mi camino hacia el logro de mis metas y a mi madre Maria Rosa Camacho Avila por su apoyo constante.

Agradecimientos

Primero que todo a Dios por sus bendiciones y por la vida que nos da a cada instante.

A nuestras familias por ser el motor que nos impulsa a salir de nuestra zona de confort y ser nuestra ayuda idónea.

A nuestros compañeros de especialización y a la UNIMINUTO por acogernos y brindarnos espacios de aprendizaje y ser un vehículo educativo para lograr nuestros sueños profesionales.

A mi compañero (a) con quién realizamos el presente trabajo de grado, por su compromiso, dedicación, paciencia, pasión y profesionalismo.

Contenido

1	Justificación	17
2	Problema	19
2.1	Planteamiento del problema	19
2.2	Formulación del problema	20
3	Objetivos	21
3.1	Objetivo general	21
3.2	Objetivos específicos.....	21
4	Marco de referencia	22
4.1	Antecedentes del problema	22
4.2	Marco histórico	23
4.3	Marco geográfico	26
4.3.1	Macro localización.....	26
4.3.2	Micro localización.	27
4.4	Marco Teórico	28
4.4.1	Mezclas asfálticas.	29
4.4.2	Mezclas asfálticas en función de la temperatura.....	30
4.4.3	Asfalto.....	31
4.4.4	Asfaltos modificados.	32
4.4.5	Polímeros.	33
4.4.6	El Tereftalato de polietileno PET.	35
4.4.7	Propiedades generales del PET.....	38
4.5	Marco Conceptual	39
4.6	Marco Legal	40
5	Metodología	42
5.1	Tipo de investigación	42
5.2	Población.....	42
5.3	Muestra.....	43

5.4	Fases metodológicas del proyecto.....	44
5.4.1	Fase N°1. Diagnostico.	45
5.4.2	Fase N°2. Ejecución.....	45
5.4.3	Fase N°3. Conclusión.	46
6	Desarrollo del proyecto.....	47
6.1	Fases del proyecto	47
6.1.1	Fase N°1. Diagnóstico.	47
6.1.2	Fase N°2. Ejecución.....	58
6.1.3	Fase 3: Conclusión.....	62
6.2	Matriz F.O.D.A.	64
6.3	Presupuesto.....	65
6.4	Cronograma de actividades	66
7	Conclusiones.....	67
8	Recomendaciones	69
9	Bibliografía	70
10	Anexos	73
11	Apéndices.....	77
11.1	Prueba de laboratorio mezcla PET/Asfalto.....	77

Lista de figuras

Figura N° 1. Ubicación de la ciudad.....	27
Figura N° 2 Ubicación de la Comuna N°7	28
Figura N° 3. Formula de muestreo.....	43
Figura N° 4. Matriz F.O.D.A	64
Figura N° 5. Presupuesto general del proyecto.....	65
Figura N° 6. Cronograma de actividades.....	66

Lista de tablas

Tabla N° 1. Pregunta N°1. Encuesta.....	47
Tabla N° 2. Pregunta N°2. Encuesta.....	48
Tabla N° 3. Pregunta N°3. Encuesta.....	49
Tabla N° 4. Pregunta N°4. Encuesta.....	50
Tabla N° 5. Pregunta N°5. Encuesta.....	51
Tabla N° 6. Pregunta N°6. Encuesta.....	52
Tabla N° 7. Pregunta N°7. Encuesta.....	53
Tabla N° 8. Pregunta N°8. Encuesta.....	54
Tabla N° 9. Pregunta N°9. Encuesta.....	55
Tabla N° 10. Pregunta N°10. Encuesta.....	56
Tabla N° 11. Ficha técnica de las mezclas asfálticas.....	58

Lista de imágenes

Imágen N° 1. Mezcla asfáltica en caliente.....	30
Imágen N° 2. Mezcla asfáltica en frío	31
Imágen N° 3. Construcción de vías en asfalto	32
Imágen N° 4. Composición de un polímero.....	34
Imágen N° 5 Polímeros.....	35
Imágen N° 6. Tereftalato de polietileno.....	36
Imágen N° 7. Codificación del PET	37

Lista de graficas

Gráfica N° 1. Resultados pregunta N°1	48
Gráfica N° 2. Resultados pregunta N°2	49
Gráfica N° 3. Resultados pregunta N°3	50
Gráfica N° 4. Resultados pregunta N°4	51
Gráfica N° 5. Resultados pregunta N°5	52
Gráfica N° 6. Resultados pregunta N°6	53
Gráfica N° 7. Resultados pregunta N°7	54
Gráfica N° 8. Resultados pregunta N°8	55
Gráfica N° 9. Resultados pregunta N°9	56
Gráfica N° 10. Resultados pregunta N°10	57
Gráfica N° 11. Curva de granulometría ideal	59
Gráfica N° 12. Curva granulométrica del agregado con parcial de 5% de PET.....	60
Gráfica N° 13. Estabilidad obtenida por cada porcentaje de PET.	60
Gráfica N° 14. Comparación de las estabildades entre las briquetas sin modificar y las briquetas modificadas con PET.	61

Lista de anexos

Anexo N° 1. Formato de encuesta aplicada al sector domiciliario de la comuna 7, barrio la Serranía en la ciudad de Villavicencio, Meta	73
--	----

Introducción

La presente investigación hace referencia a un estudio de factibilidad para el reparcho de vías de tráfico liviano usando plástico reciclado PET como material complemento al asfalto.

La característica principal del presente estudio es conocer la factibilidad de un segundo uso al plástico PET en un ambiente de re-construcción de vías, teniendo en cuenta que este tipo de material aporta actualmente un gran porcentaje a la contaminación del medio ambiente.

Para analizar esta problemática es necesario conocer una de sus causas, una de ellas es la cantidad de envases de plástico sub-utilizados el cual, aunque cuenta con algunos sub-usos estos no son suficientes para atender la demanda de este material que afecta el planeta, lo anterior debido a la comodidad para las personas de tomar un líquido en envase plástico, así como su facilidad de transporte y resistencia.

El presente estudio se realizó con un interés ambiental ya que hoy en día es muy importante identificar acciones de mejora que aporten al cuidado del planeta y brinden soluciones verdes que beneficien a la sociedad en general.

Para esta investigación se realizó una encuesta a la comunidad con el fin indagar su conocimiento sobre el sub-uso del material PET así como también si conocía el concepto del mismo y el uso de su parte, de igual forma fue necesario mediante un estudio técnico conocer la factibilidad de usar el PET reciclado como complemento al asfalto en el reparcho de vías de tráfico liviano.

La finalidad del presente proyecto corresponde a:

- Establecer la factibilidad del uso del plástico PET como agregado al Asfalto en vías de tráfico liviano en la comuna 7 de la ciudad de Villavicencio.

- Conocer por medio de la encuesta aplicada a la comuna 7, el uso del material PET (Polietileno Tereftalato) después de ser reciclado.
- Reconocer el porcentaje de agregado PET (Polietileno Tereftalato) de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio.

Por lo anterior se establecerán tres fases: Diagnóstico, ejecución y conclusión.

Resumen

El consumo del plástico en el mundo tiene cifras abrumadoras que indican ser uno de los materiales más utilizados en el diario vivir del ser humano, tanto así que se ha tornado un problema a nivel ambiental en el mundo. El Tereftalato de Polietileno (PET), es uno de los más conocidos y utilizados, este puede tardar aproximadamente hasta 450 años en degradarse y a diferencia de otros materiales plásticos es el que más tiempo tarda en descomponerse. Aunque después de su primer uso se recicla y se emplea en diferentes productos como en envases para detergentes, sillas, fibras y demás, en países como Holanda y España actualmente se está estudiando la posibilidad de un segundo uso en construcción de carreteras, estos estudios hasta el momento han generado resultados positivos en cuanto a resistencia, durabilidad y bajas emisiones de CO₂ al planeta contribuyendo al Medio ambiente y al sector civil.

En Colombia aún no se le ha dado un segundo uso en la construcción de vías nuevas o reparación de vías existentes, hasta el momento el único material conocido como reciclable y empleado en el sector civil han sido el Granulo de Caucho Reciclado (GCR) proveniente de las llantas de vehículos.

Es por esta razón que hemos decidido realizar un estudio técnico de factibilidad tomando como muestra una de las principales vías de tráfico liviano en la comuna N°7 de la ciudad de Villavicencio, Meta, para reparar mediante la combinación de plástico PET con asfalto.

El estudio técnico comprende estudios químicos y físicos de la mezcla y resistencia del material PET al ser combinado con el asfalto, estimación del grado de aceptación del proyecto por parte de la comunidad mediante encuestas previamente realizadas, conocimiento del concepto profesional de Ingenieros civiles y químicos expertos en el área de estudio, estimación

de costos por m² de vía, materiales, herramientas, equipos y factor humano necesario para la ejecución del proyecto.

Palabras Claves: PET, plástico, asfalto, vías, residuos, medio ambiente, reparcho, resistencia.

Abstract

The consumption of plastic in the world has figures that indicate to be one of the materials most used in the daily life of the human being, so much so that it has become a problem an environmental level in the world. Polyethylene Terephthalate (PET) is one of the best known and used, it can take up to 450 years to degrade and a difference of other plastics is the most time consuming to decompose. Although after its first use it is recycled and used in different products such as containers for detergents, chairs, fibers and others, in countries like Holland and Spain the possibility of a second use in road construction is being studied, these studies up to El Have generated positive results in terms of resistance, durability and low CO₂ emissions to the planet contributing to the environment and the civil sector. In Colombia there has not yet been a second use in the construction of new roads or repair of existing roads, so far the only material known as recyclable and used in the civil sector has been the Recycled Rubber Granulus (GCR) from Las Vehicle tires.

It is for this reason that it has decided to carry out a technical feasibility study taking as a sample one of the main light traffic routes in the commune N°7 of the city of Villavicencio, Meta, to repair by means of the combination of PET plastic with asphalt. The technical study expands the chemical and physical studies of the mixture and the strength of the material The PET is combined with the asphalt, estimating the degree of acceptance of the project by the party in the study area, estimate costs per m² of track, Materials, tools, equipment and human factor necessary for the execution of the project.

Keywords: PET, plastic, asphalt, roads, waste, environment, reparcheo, resistance.

1 Justificación

El plástico PET es una de las materias primas más usadas en el sector industrial y comercial, en su mayoría es empleado como envase de líquidos para el consumo humano, este es considerado físicamente resistente a diferentes factores ambientales y altas temperaturas que a su vez facilita que sea reciclado y reutilizado después de ser desechado por los seres humanos para darle un segundo uso en otros procesos ya sean artesanales o industriales. En países como Holanda, el plástico PET está siendo considerado como material complementario del asfalto para la construcción de vías, aunque aún no existe evidencia de carreteras construidas bajo este modelo, artículos relacionados a este tema indican que está sería una buena opción que mitigaría a su vez el impacto ambiental que genera el plástico al desecharse después de su primer uso.

Por lo anterior y teniendo en cuenta que en Colombia aún no se conoce el uso del material PET ni otro tipo de plástico en construcción y/o mantenimiento de vías, hemos decidido realizar un estudio técnico para conocer la factibilidad del uso del plástico combinado con asfalto en el reparcho de las principales vías de tráfico liviano de la Comuna N°7 en la Ciudad de Villavicencio, departamento del Meta, para esto hemos seleccionado el barrio La Serranía siendo una de las vías objeto del presente estudio.

Con este estudio queremos conocer aspectos como: Características físicas y químicas de la mezcla entre el PET y el asfalto, costos del material incluyendo mano de obra y servicios profesionales contratados comparados con los actuales en la reparación de vías, grado de aceptación por parte de la comunidad hacia este tipo de proyectos y demás factores que permitan el análisis por medio de este estudio técnico esperando obtener resultados positivos del mismo y generando así un beneficio ambiental teniendo en cuenta que dicho material no sería desechado

inmediatamente por los usuarios y transportado a un basurero sino que tendría un segundo uso con grandes beneficios.

2 Problema

2.1 Planteamiento del problema

El consumo de productos en envases y embalajes en material plástico PET va a un nivel de crecimiento acelerado debido a que es más cómodo para las personas tomar un líquido en envase plástico y no en uno de vidrio debido a sus características principalmente por peso del empaque y seguridad especialmente cuando se trata de bebidas y productos consumidos por niños o adultos mayores. Pero, ¿qué sucede con estos envases después de haber consumido su contenido líquido?, varias empresas a nivel mundial reúsan este tipo de material transformándolo en nuevos envases ya sea para detergentes u otros productos diferentes a los de consumo humano o en fibras para la fabricación de sillas o elementos decorativos, en otros casos los envases simplemente se arrojan a los botaderos después de consumido el producto contenido en estos.

Actualmente en Colombia el porcentaje de la reutilización del plástico PET es muy bajo, en nuestro proyecto de investigación es importante mencionar que no se ha evidenciado la presencia de este material en el sector civil como complemento del asfalto para la construcción y/o mantenimiento de vías, es por esto que mediante el presente estudio se busca conocer la viabilidad de la mezcla entre el PET y el asfalto para el reparcho de vías de tráfico liviano tomando como muestra una de las calles de tráfico liviano de la comuna N°7 ubicada en el Barrio La Serranía siendo esta una de las vías más deterioradas de la zona donde se podrán realizar los respectivos estudios brindando por ende una alternativa de solución.

2.2 Formulación del problema

De acuerdo a lo anterior se genera la siguiente pregunta: ¿Es factible reutilizar el plástico desechado PET mezclado con asfalto para el reparcho de las vías principales de tráfico liviano en la comuna N°7 del Municipio de Villavicencio, Meta?

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Identificar si es factible el uso de material plástico reciclado PET (Polietilén Tereftalato) como un complemento al asfalto para el reparcho de vías de tráfico liviano en la ciudad de Villavicencio.

3.2 Objetivos específicos

- Establecer la factibilidad del uso del plástico PET como agregado al Asfalto en vías de tráfico liviano en la comuna 7 de la ciudad de Villavicencio.

- Conocer por medio de la encuesta aplicada a la comuna 7, el uso del material PET (Polietilén Tereftalato) después de ser reciclado.

- Reconocer el porcentaje de agregado PET (Polietilén Tereftalato) de acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio.

4 Marco de referencia

4.1 Antecedentes del problema

El uso del plástico es uno de los tantos problemas que enfrenta el mundo a nivel ambiental, todos los días nos enfrentamos a un consumo excesivo de este material sin pensar en su reutilización, procesamiento y uso que se le pueda dar nuevamente al ser reciclado, Villavicencio es una ciudad donde se evidencia esta problemática que no ha surgido ahora, un problema que viene de tiempos atrás sin soluciones validas o bien argumentadas. Actualmente se habla de reciclaje, pero no ha sido una opción de gran acogida en esta Ciudad, no existe la cultura ni el compromiso de la ciudadanía para realizar esta labor, adicionalmente existe un área ambiental donde alguna vez se creó un plan de residuos sólidos el cual ha quedado solo en papel o en la memoria de sus elaboradores, los resultados aún no se evidencian y los habitantes continúan consumiendo y desechando residuos sin control.

Se hace necesario mitigar esta problemática mediante la creación de proyectos que generen beneficio en conjunto y resultados a corto plazo beneficiando a todas las partes interesadas y sobre todo demostrando a la comunidad Villavicencense los nuevos usos prácticos que se le pueden dar a los desechos que consumen diariamente como lo es el plástico PET reciclado, siendo este el componente que ayudaría a obtener la mezcla para el reparcho de las vías de la ciudad de Villavicencio teniendo en cuenta que algunas vías del sector urbano se encuentran en mal estado.

4.2 Marco histórico

Para el desarrollo de nuestra investigación, se evidencia el estado del arte de estudios que abordan esta temática y se citan algunos artículos que hacen alusión al tema de investigación propuesto en diferentes países del mundo.

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en México el parque vehicular es de más de 26 millones de unidades entre automóviles, camiones ligeros y pesados, así como tracto camiones y autobuses. En este sentido, un estudio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), señala que en los últimos años se ha incrementado la presencia de vehículos con una mayor dimensión, complejidad y gasto energético. Justamente y debido al paso constante de dichos vehículos, es común la afectación que sufren las distintas vialidades a lo largo el país, lo que ha provocado la existencia de programas permanentes de reencarpetamiento. Por ejemplo, el año pasado el gobierno de la Ciudad de México cubrió más de 60 mil baches en diversas calles y avenidas de la ciudad. Diversas han sido las investigaciones e iniciativas que se han realizado para tratar de solventar esta problemática. Puntualmente se ha venido trabajando con el plástico como una alternativa de material para la conformación de un asfalto más resistente. (plástico.com, 2013).

Tal es el caso de la Facultad de Química de la UNAM, donde se realizan estudios para crear asfaltos modificados con una estructura química de sus polímeros diferente (plástico.com, 2013).

De acuerdo con el investigador Rafael Herrera, el pavimento tradicional es resultado del aplanamiento de piedras bañadas con asfalto simple, el cual es un material obtenido a partir del petróleo. “Su resistencia a la deformación depende de la capacidad que tiene para

mantener unidas a las piedras, limitar el paso del agua entre éstas y disgregar los esfuerzos mecánicos que ejercen los vehículos” (plástico.com, 2013).

El proyecto de la Facultad implica el análisis de la estructura química de algunos polímeros para transformarla y proponer un material que, al ser adicionado al asfalto, permita que la carpeta no se fracture. “Cuando el pavimento tiene asfalto sin polímero, éste se reblandece a los 70°C y se forman ondas; a los 0°C se quiebra como si fuera vidrio. En cambio, cuando se utiliza asfalto modificado, puede resistir un rango de temperaturas que va de los 100 a -20°C sin sufrir deformaciones permanentes. Además, el asfalto con polímero limita el paso del agua, una de las principales causas de la formación de hoyos”, indicó. El especialista refirió que, si bien este tipo de asfalto es más costoso, los beneficios obtenidos son mayores, al reducirse la cantidad de carpeta asfáltica empleada y su tiempo de vida útil (plástico.com, 2013).

Un ejemplo concreto del uso de polímeros en la carpeta asfáltica fue el realizado en la Línea 5 del Metrobús de la Ciudad de México, donde se colocaron piezas prefabricadas utilizando un polímero —sellador elaborado a base de químicos— en el carril confinado (plástico.com, 2013).

De acuerdo con la Secretaría de Obras y Servicios del Distrito Federal se inyectaron los polímeros, los cuales ayudaron a mejorar la calidad del suelo y del tendido asfáltico que soporta varias toneladas de peso. “Se inyectaron a un metro 60 centímetros de profundidad, con eso se mejoró la calidad del suelo abajo de la capa asfáltica y se aumentó el valor relativo de soporte a más del 100%”, señaló la dependencia (plástico.com, 2013).

Con esta acción, se espera que el pavimento tenga una durabilidad cercana a los 20 años (plástico.com, 2013).

Otro estudio desarrollado en Filadelfia (Estados Unidos), determina qué;

A lo largo de estos años hemos visto cómo el reciclaje de envases y otros materiales ha servido para la construcción de varios tipos de pavimentos y asfaltos. En algunos casos por medio de vidrio reciclado, neumáticos usados e incluso viejos cinturones de cuero. Esta vez le toca el turno a un material ya conocido en nuestro blog: plástico de Tereftalato de polietileno (PET), el tipo de plástico con el que se fabrican botellas de plástico para agua y refrescos entre otros. De hecho, el novedoso asfalto que traemos aquí se llama Plastisoil y está fabricado con PET de botellas de plástico pulverizadas mezclado con tierra. Es fruto de la investigación de Naji Khouri, profesor asistente de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Temple, en Filadelfia (Estados Unidos). Una vez las botellas de plástico son trituradas y mezcladas con tierra, se calientan hasta formar una sustancia dura similar al cemento, pero más permeable y porosa, lo que facilita la absorción del agua, aceite y suciedad. Esto repercute en una mayor adherencia y por tanto, en una mayor seguridad para los vehículos de carretera. Con el Plastisoil también se podrían pavimentar aceras, caminos, aparcamientos, carriles bici o pistas de footing (amarilloverdeyazul.com, 2012)

Según Khoury por cada tonelada de Plastisoil producida hacen falta 30.000 botellas de plástico, lo que supone una importante cantidad. Además, se requiere consumir menos energía para producir una tonelada de este producto de plástico reciclado que para una tonelada de cemento o asfalto. Y resulta más barato (amarilloverdeyazul.com, 2012).

Las propiedades de las mezclas asfálticas pueden ser modificadas para mejorar las características de los pavimentos convencionales. Hay casos en los cuales los pavimentos flexibles presentan problemas al no generar la resistencia adecuada frente a cargas producidas como por ejemplo:

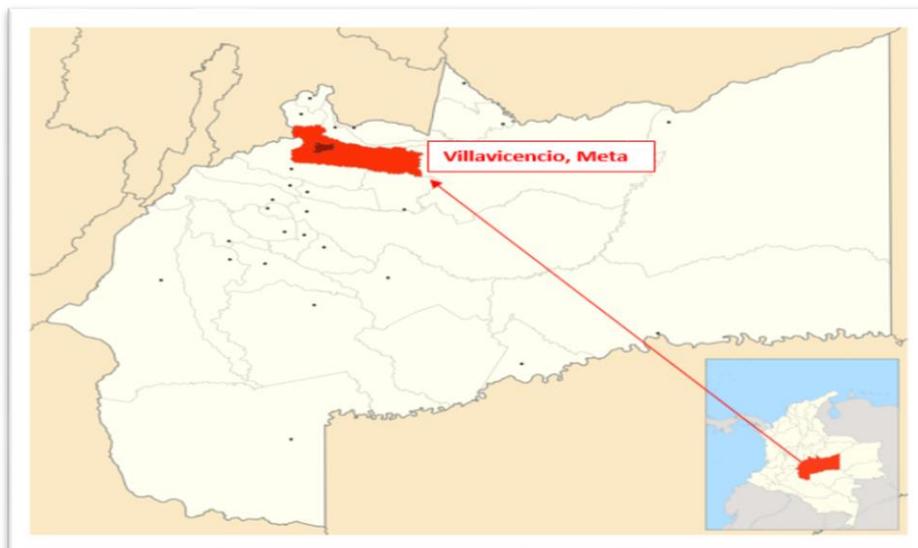
por el tráfico y la acción del clima. Para tratar de solucionar los problemas mencionados anteriormente, se ha optado por modificar las propiedades de los asfaltos, mediante la investigación e implementación de materiales que colaboren con los problemas estructurales y que sean amigables con el medio ambiente. Un posible material para modificar asfaltos es el Tereftalato de Polietileno, PET por sus siglas en inglés. Este es un material comúnmente usado para envases de bebidas y textiles. En Colombia se produce aproximadamente 84.000 ton/año de PET, de las cuales se recicla solamente el 24%. En el área del diseño de pavimentos, el PET es un material poco investigado y prácticamente nuevo como modificador de propiedades. (vitela.javerianacali Pag 57, 2014).

4.3 Marco geográfico

4.3.1 Macro localización.

La Ciudad de Villavicencio, capital del Departamento del Meta, se encuentra situada en el piedemonte de la cordillera oriental, a una distancia de 86 Km de la capital del país, dividida en 8 comunas, 235 barrios de los cuales, 32 son legalizados, 101 asentamientos, 2 zonas de invasión, 7 corregimientos y 61 veredas en total, con una población total de 505.996 habitantes y 482.045 habitantes ubicados en la zona urbana de la ciudad. La superficie total es de 3.712 Km² (Alcaldía Villavicencio, 2016).

Figura N° 1. Ubicación de la ciudad



Fuente: Galería de mapas Alcaldía de Villavicencio

4.3.2 Micro localización.

La comuna N°7 de la Ciudad de Villavicencio comprende los barrios Comprende los barrios: La Esperanza, Paraíso, Cooperativo, Jardín, Cambulos, La Serranía, La Vega, La Coralina, Comuneros, La Alborada, Villa Bolívar, Rosa Blanca, Villa Humberto, Palmar, Santa Marta, Los Centauros, La Rosita, Villa Claudia, Sesquicentenario, Las Acacias, Piamonte, Rosa Linda, Plena Vida, Esperanza 2001, Balmoral, Los Cerezos, Villa Hermosa, Multifamiliares Los Centauros y Remansos de Rosa blanca (Alcaldía Villavicencio, 2016).

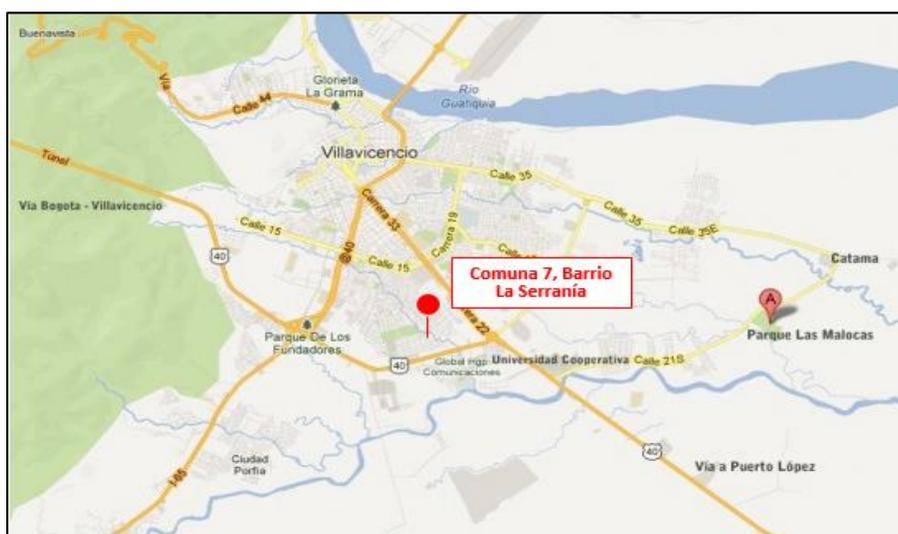
La propuesta de nuestra investigación radica en la necesidad que tiene la comunidad en la adecuación de las vías de tráfico liviano, a través de la utilización del plástico PET, mediante el reciclaje del mismo, siendo este un elemento de fácil acceso, económico y lo más importante los beneficios que brinda para este tipo de proyectos.

Es por ello que siendo Villavicencio una ciudad con alto flujo de turistas y que a la vez comunica capitales importantes de varios departamentos, se hace necesaria la adecuación de este

tipo de vías de tráfico liviano ya que permiten no solo reflejar el desarrollo y crecimiento económico de la región, sino que se mejora la imagen de la misma siendo más atractiva para los visitantes.

Otro aspecto importante dentro del contexto investigativo de nuestra propuesta, es la generación de una cultura de reciclaje, mediante la recolección del material PET, en este caso específico para los habitantes de la comuna 7, además mitigar de manera positiva el impacto ambiental generado con el uso de este tipo de materiales.

Figura N° 2 Ubicación de la Comuna N°7



Fuente: Google Maps

4.4 Marco Teórico

Para llevar a cabo la presente investigación fue necesario describir algunos conceptos técnicos relacionados con el diseño de mezclas asfálticas, adicional la combinación de varios materiales como el asfalto y el material PET; por lo cual se realiza una breve descripción de los elementos que lo componen y que son claves para el desarrollo del mismo.

4.4.1 Mezclas asfálticas.

Las mezclas asfálticas, también reciben el nombre de aglomerados, están formadas por una combinación de agregados pétreos y un ligante hidrocarbonato, de manera que aquellos quedan cubiertos por una película continua, éste Se fabrica en unas centrales fijas o móviles, se transportan después a la obra y allí se extienden y se compactan (upc.edu, 2017).

Las mezclas asfálticas se utilizan en la construcción de carreteras, aeropuertos, pavimentos industriales, entre otros. Sin olvidar que se utilizan en las capas inferiores de los firmes para tráfico pesados intensos. Las mezclas asfálticas están constituidas aproximadamente por un 90 % de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de ligante asfáltico (upc.edu, 2017).

Las mezclas asfálticas pueden clasificarse de acuerdo a su temperatura, a su gradación y el tamaño máximo normal del agregado (upc.edu, 2017). Algunas mezclas asfálticas son:

- Mezclas abiertas en frío
- Mezclas abiertas en caliente
- Mezclas densas en frío
- Concreto asfáltico o mezcla densa en caliente
- Arena – asfalto
- Tratamientos superficiales
- Mezclas discontinuas o micro aglomerados en caliente
- Mezclas tibias

- Mezclas asfálticas modificadas
- Materiales granulares estabilizados con asfalto en frío o en caliente

(Quintana, 2015)

4.4.2 Mezclas asfálticas en función de la temperatura.

4.4.2.1 Mezclas asfálticas en caliente.

Se fabrican con asfaltos a unas temperaturas elevadas, en el rango de los 150 grados centígrados, según la viscosidad del ligante, se calientan también los agregados, para que el asfalto no se enfríe al entrar en contacto con ellos. La puesta en obra se realiza a temperaturas muy superiores al ambiente, pues en caso contrario, estos materiales no pueden extenderse y menos aún compactarse adecuadamente. (construmatica.com, 2017)

Imágen N° 1. Mezcla asfáltica en caliente



Fuente: (aditivosasfalticos.com, 2016)

4.4.2.2 Mezclas asfálticas en frío.

El ligante suele ser una emulsión asfáltica (debido a que se sigue utilizando en algunos lugares los asfaltos fluidificados), y la puesta en obra se realiza a temperatura (construmatica.com, 2017).

Imagen N° 2. Mezcla asfáltica en frío



Fuente: (Chemimport, 2015)

4.4.3 Asfalto.

Los asfaltos son aquellos residuos pesados resultantes en las refinerías a partir de las bases asfálticas obtenidas de la destilación al vacío del crudo seleccionado; son productos pesados oscuros y pueden ser sólidos o líquidos (Felipe, 2010)

El asfalto pertenece a los termoplásticos, es importante en el proceso de pavimentación por sus propiedades de consistencia, adhesividad, impermeabilidad y durabilidad y sobre todo por su bajo costo por ser un residuo, y su amplio uso en la construcción de carreteras es debido a sus propiedades hidrofobias y una relativa resistencia al intemperismo (acmor.org.mx, 2017).

El asfalto de tipo sólido es también conocido como asfalto bituminoso compuesto por hidrocarburos de alto peso molecular en estratos que pueden ir desde algunos centímetros

hasta decenas de metros de espesor y presentan gran variedad en su rigidez, por lo que su punto de fusión puede ir de los 100°C a más de 300°C. (Lizcano, 2015)

Imágen N° 3. Construcción de vías en asfalto



Fuente: (ACSSO Ingeniería, 2010)

4.4.4 Asfaltos modificados.

El asfalto Modificado consiste en la adición de polímeros a los asfaltos convencionales con el fin de mejorar sus características mecánicas, es decir, su resistencia a las deformaciones por factores climatológicos y del tránsito (peso vehicular) (catarina.udlap.mx, 2017).

Los objetivos que se persiguen con la modificación de los asfaltos con polímeros, es contar con ligantes más viscosos a temperaturas elevadas para reducir las deformaciones permanentes (ahuellamiento), de las mezclas que componen las capas de rodamiento, aumentando la rigidez. Por otro lado, disminuir el fisuramiento por efecto térmico a bajas

temperaturas y por fatiga, aumentando su elasticidad. Finalmente contar con un ligante de mejores características adhesivas (catarina.udlap.mx, 2017).

4.4.5 Polímeros.

Un polímero es un compuesto químico en el que las moléculas están formadas por cadenas largas en las que se repite una unidad básica (a esta unidad básica se llama monómero). Cada polímero tiene unas propiedades determinadas (Ver figura N°6). Conociendo las propiedades requeridas de un material para un uso en particular, puede escogerse un polímero u otro, incluso puede diseñarse la síntesis en laboratorio de un nuevo polímero buscando dichas propiedades específicas. Existen innumerables polímeros naturales. Como ejemplo que a todos nos es familiar podemos citar el caucho, un material utilizado por el hombre desde hace miles de años y formado por polimerización natural. Por supuesto, la química moderna ha hecho posible sintetizar de forma artificial en laboratorio muchos polímeros para satisfacer necesidades concretas, por ejemplo, el teflón. Es también común asociar a los polímeros con propiedades elásticas, pero en realidad las propiedades de los polímeros son muchos más amplias y no todos los polímeros presentan elasticidad. Además, en función del uso final se elegirá un polímero en concreto atendiendo a sus propiedades. Entre las propiedades más buscadas de los polímeros destacan (curiosoando.com, 2014).

- Elasticidad: se puede buscar también su ausencia, es decir, que no sea elástico.
- Reflectante.
- Resistente a golpes e impactos.
- Dureza.

- Fragilidad.
- Paso de luz (opacidad, transparencia o translucidez).
- Maleabilidad.
- Aislante (curiosoando.com, 2014).

Existen varios tipos de polímeros, desde el punto de vista de las propiedades físicas, que determina gran parte de sus aplicaciones, los polímeros solidos pueden ser:

Termoplásticos: Se ablandan y se pueden moldear por calentamiento, endureciéndose al enfriarse.

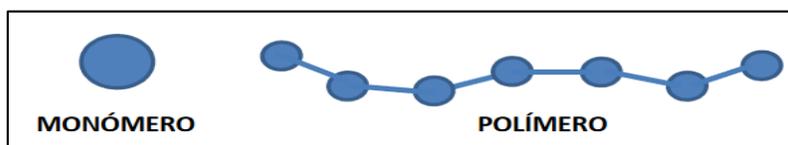
Termoestables: Fluyen en caliente al someterlos a presión, pero se endurecen al seguir calentándolos, por lo que también se llaman termoendurecibles.

Elastómeros: Experimentan deformaciones elásticas al aplicar una fuerza sobre ellos, pudiendo recuperar su forma al cesar la fuerza (Martín, 2001).

La estructura de los polímeros se suele considerar en dos niveles: estructura química y estructura física, la química se refiere a la construcción de la molécula individual y la física al ordenamiento de unas moléculas respecto a otras (Rico, 2012).

Por lo general los polímeros están formados por hidrocarburos asociados con diferentes elementos, es decir, son moléculas en las que la estructura básica está formada por cadenas de átomos de carbono a los que se unen otros elementos. (curiosoando.com, 2014)

Imágen N° 4. Composición de un polímero



Fuente: (Conicet.gov, 2014)

Imágen N° 5 Polímeros



Fuente: (dreamstime, 2017)

4.4.6 El Tereftalato de polietileno PET.

En la actualidad se ha desarrollado en gran medida el uso del material plástico PET desplazando al vidrio y al PVC en el mercado de envases por sus características que lo hacen más competitivo en el mercado de envases (QuimiNet, 2012).

El Tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietilentereftalato o polietileno Tereftalato es mayormente conocido también por sus siglas en inglés PET (QuimiNet, 2012).

El PET es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo y pertenece al grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres. Cabe destacar que el PET es un tipo de plástico muy utilizado en diversas industrias bajo procesos de soplado, inyección y extrusión, los cuales sirven para realizar frascos, botellas, películas, láminas, envases, piezas, planchas, textiles (QuimiNet, 2012).

Imágen N° 6. Tereftalato de polietileno



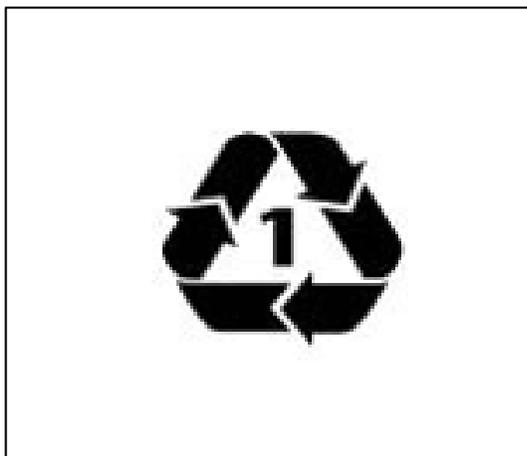
Fuente: (plástico.com, 2013)

Existen más de cien tipos de plásticos, los más comunes son seis, y se los identifica con un número dentro de un triángulo, según el SPI -Sistema de Identificación de Plásticos-, a efectos de facilitar su clasificación para el reciclado, ya que por sus diferentes características los plásticos generalmente exigen un reciclaje por separado. (QuimiNet, 2012)

El plástico al igual que otros materiales permite que sea reciclado, es por esto que se ha creado un sistema de códigos en el cual los envases tienen unas formas triangulares, compuestas de 3 flechas con un número específico en el centro, que indica el material del que están elaboradas las botellas. Este sistema permite a simple vista, saber de qué plástico está elaborada cada botella y así hacer más fácil la separación para el reciclaje. (Alvarez)

El Polietileno de Tereftalato se identifica con el N°1 de acuerdo a la siguiente representación gráfica:

Imágen N° 7. Codificación del PET



Fuente: (QuimiNet, 2012)

Principalmente es utilizado en envases para gaseosas, agua mineral, cosméticos, aceites, mayonesa, salsas, etc. También en películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera en productos alimenticios, envases al vacío, películas radiográficas y en cintas de video y audio. (QuimiNet, 2012)

El PET, cuyo nombre técnico es Polietileno Tereftalato, fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J. T. Dickinson en 1941. Años más tarde, en 1951 comenzó la producción comercial de fibra de poliéster. Desde entonces, la fabricación de PET ha presentado un continuo desarrollo tecnológico, logrando un alto nivel de calidad y una diversificación en sus empleos. (Ambientum, revista, 2002)

A partir de 1976 se emplea en la fabricación de envases ligeros, transparentes y resistentes, principalmente para bebidas, los cuales, al principio eran botellas gruesas y rígidas, pero hoy en día, sin perder sus excelentes propiedades como envase, son mucho más ligeros. (Ambientum, revista, 2002)

El PET se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol y su fórmula química es la siguiente:



Fuente: (Property, s.f.)

El PET es un material caracterizado por su gran ligereza, resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases, es 100% reciclable y se identifica con el número uno, o las siglas PET, o "PETE" en inglés, rodeado por tres flechas en el fondo de los envases fabricados con este material, según el sistema de identificación SPI. En resumen, es un plástico de alta calidad con posibilidad de ser reutilizable (Estrucplan, 2000)

4.4.7 Propiedades generales del PET.

- Transparencia y brillo con efecto lupa
- Barrera contra gases
- Cristalizable
- Esterilizable por gamma y óxido de etileno
- Alto grado de reciclabilidad
- Liviano
- Procesable por soplado, inyección, extrusión (Estrucplan, 2000).

4.5 Marco Conceptual

Basados en el método cuantitativo y experimental realizamos el presente estudio de investigación, el cual nos permitió la recolección de datos e información que conllevó al análisis estadístico determinando la factibilidad del proyecto de acuerdo a los siguientes factores:

Ambiental: Mediante este factor se evidencia la disminución de la cantidad de residuos sólidos (plástico) en la ciudad de Villavicencio, lo que beneficia en gran medida al medio ambiente y de paso al mejoramiento de las vías de la ciudad ya que se cuenta con gran materia prima para el reparcho de estas. Permitiendo minimizar a la par el uso de otras materias primas que son empleadas actualmente para esta labor, entre ellas la remoción de tierra.

Social: En este factor lo que se busca es que a través de este proyecto de investigación se genere una cultura de reciclaje en la población de la comuna 7 de la ciudad de Villavicencio, siendo el modelo principal para este tipo de estudios; adicional se desea concientizar a los demás ciudadanos de Villavicencio, que faciliten el material a través de la selección del mismo, logrando su utilización en beneficio propio, es decir mediante el reparcho de las principales vías de su comunidad.

Económico: Este factor es considerado el más fuerte, ya que para el desarrollo del mismo se encuentran definidas dos de las actividades que se incluyen en este proyecto de investigación:

- La primera y de notoria importancia esta la obtención del material plástico y su procesamiento,

- Y la segunda y no menos importante la aplicación del producto elaborado a base de plástico en las vías de tráfico liviano de la comuna 7, que se encuentran en mal estado en la ciudad de Villavicencio.

Una vez definidas las dos actividades anteriores, las mismas permitirán la generación de empleos en el sector, en proceso de reciclaje, producción de plástico y en el sector civil aplicando el producto a las vías en mal estado de la comuna 7.

4.6 Marco Legal

En nuestra propuesta de investigación es necesario considerar la normatividad legal vigente, que rige la construcción y el mantenimiento de vías en Colombia. A continuación, mencionares las principales normas y resoluciones que aplican al contexto del proyecto.

- Resolución 0001375 del 26 de mayo de 2014 por la cual se actualizan las normas de ensayo de materiales para carreteras. (Invías, 2017)
- Resolución 0001376 del 26 de mayo de 2014 por la cual se actualizan las especificaciones generales de construcción para carreteras. (Invías, 2017)
- Resolución 0716 del 2 de diciembre de 2009 por la cual se adopta la guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura – Subsector vial como instrumento de autogestión y autorregulación. (Invías, 2017)
- Resolución 000803 del 6 de marzo de 2009 por la cual se adopta el manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con medios, bajos y altos volúmenes de tránsito. (Invías, 2017)

- Resolución 000743 del 4 de marzo de 2009 por la cual se actualiza la guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras (Invías, 2017)
- Resolución 003482 del 29 de agosto de 2007 por la cual se adopta el manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con bajos volúmenes de tránsito (Invías, 2017)
- Norma INVE-738-13: Efecto del agua sobre la resistencia a la compresión de las mezclas asfálticas compactadas. (Invías, 2017)
- NTC 511 Requisitos mínimos que deben cumplir los plásticos.
- GTC 24 Por medio de la cual se instrumentaliza la cultura de la basura cero en Colombia. (Alcaldía Bogotá, 2010)
- INVE 724-07: Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para la determinación del índice de penetración, IP, de los cementos asfálticos.

5 Metodología

5.1 Tipo de investigación

El actual proyecto de investigación está alineado a una metodología experimental y cuantitativa, con el cual a través de pruebas de ensayo y error se pretende brindar una visión general y de tipo aproximativo, respecto a una determinada realidad.

5.2 Población

La población objetivo son los habitantes del barrio La Serranía ubicado en la Comuna N°7 de la ciudad de Villavicencio, siendo este uno de los sectores más afectados ya que actualmente sus principales vías de tráfico liviano se observan en mal estado y por ende se evidencia la inconformidad de los habitantes de la comuna. Ante esta problemática es claro que en la misma comuna se generan residuos significativos de material PET, debido al alto consumo de productos envasados en este material en las familias pertenecientes a este sector de la ciudad.

Es preciso mencionar que al consultar la cantidad de habitantes para el sector seleccionado no se encontró información referente que nos arrojará un número determinado, se recalca que se hizo varias consultas en la página web del DANE, Alcaldía municipal, Gobernación del Meta, Planeación y Urbanismo sin encontrar un dato concreto.

5.3 Muestra

La muestra es un subconjunto fielmente representativo de la población. El muestreo es muy importante ya que para el investigador es imposible realizar encuestas a toda la población de la Comuna N°7, ya que esta actividad requiere mucho esfuerzo, recursos y tiempo. Es por ello, que es indispensable aplicarla a una muestra representativa, ya que con dichos resultados se puede analizar con seguridad el estudio realizado.

El tipo de muestreo que se va a implementar es de tipo experimental, por su naturaleza y por la necesidad de tener control sobre las variables, es por ello que se recomiendan muestras pequeñas que suelen no ser superiores a 50 habitantes, para nuestra investigación optamos por aplicar la misma a 50 residentes del sector de La serranía en la Ciudad de Villavicencio.

Calculo de la muestra

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, la base para el cálculo de la muestra se realiza mediante la siguiente fórmula, la cual permite calcular el tamaño de la muestra desconociendo el tamaño de la población:

Figura N° 3. Formula de muestreo

$$n = \frac{Z_a^2 \times p \times q}{d^2}$$

Fuente: (PSYMA GROUP AG, 2015)

En donde

Z = nivel de confianza,

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso

D = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

Teniendo en cuenta lo anterior, la información sería la siguiente:

Z	P	Q	D
90%	80%	20%	5%

$$n = \frac{(90\%^2) * (80\% * 20\%)}{(5\%)^2}$$

$$n = 50$$

Por lo anterior con podemos decir que con un error admisible del 5% y un nivel de confianza del 90% se requiere de un tamaño de muestra correspondiente a 50

5.4 Fases metodológicas del proyecto

Para el desarrollo del estudio técnico de factibilidad propuesto y de acuerdo a la metodología establecida, se definen a continuación tres fases con el fin de ejecutar los objetivos previstos:

5.4.1 Fase N°1. Diagnostico.

Esta fase está compuesta por el desarrollo y la aplicación de una encuesta con preguntas cerradas que nos permitió identificar el grado de conocimiento de los habitantes del sector seleccionado como muestra sobre el material PET, sus diferentes usos y beneficios al ser reutilizado en este tipo de proyectos. De igual forma nos permitió inferir que al ejecutarse el proyecto en la zona seleccionada, la comunidad apoyaría en la recolección del material facilitando la obtención de la materia prima y creando una cultura de reciclaje con beneficios productivos en la misma.

Por lo anterior, se establecen las siguientes actividades para la recolección de la información:

- Elaboración de un modelo de encuesta con 10 preguntas cerradas sobre temas relacionados al estado actual de las principales vías de tráfico liviano en la comuna N°7 del sector de La Serranía y el conocimiento acerca del material PET (usos y beneficios) por parte de la comunidad seleccionada como objeto de estudio.
- Aplicación de 50 encuestas a los habitantes del sector seleccionado.
- Tabulación de datos y organización de la información que permitan el análisis de los resultados.
- Análisis estadístico de los resultados obtenidos y conclusiones generales del proceso.

5.4.2 Fase N°2. Ejecución.

De acuerdo a la necesidad identificada, se procedió a verificar en un estudio técnico realizado por estudiantes de la universidad Javeriana de Cali los resultados de las siguientes pruebas:

- Prueba de laboratorio química: Compatibilidad del PET y el Asfalto
- Prueba de laboratorio Física: Resistencia de Mezcla (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

5.4.3 Fase N°3. Conclusión.

Con la información recopilada en la fase 1 y 2 podremos concluir la factibilidad del uso de material PET mezclado con asfalto para el reparcho de las vías principales de tráfico liviano en la Comuna N°7 de la Ciudad de Villavicencio.

6 Desarrollo del proyecto

6.1 Fases del proyecto

6.1.1 Fase N°1. Diagnóstico.

Para el desarrollo de la Fase N°1, se implementó el trabajo en campo visitando diferentes domicilios y establecimientos de la comunidad seleccionada aplicando una encuesta personalizada compuesta por 10 preguntas cerradas.

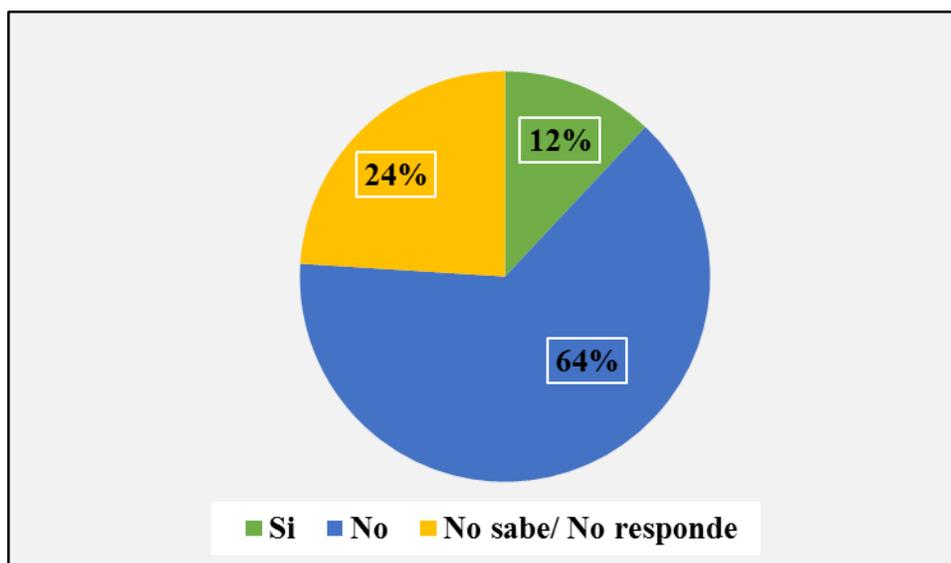
Se contó con la colaboración de la población encuestada y se logró obtener un estudio estadístico más claro y definido.

A continuación, se presentan los resultados de la información obtenida y los gráficos representativos de los mismos:

Tabla N° 1. Pregunta N°1. Encuesta

Tamaño de la muestra		50	
Fecha de aplicación de la encuesta		Sep 01/2017	
Pregunta N°1. Conociendo el estado de las vías del sector, usted como residente ha tenido alguna charla de sensibilización por parte de los líderes de la Comuna N°7 que apunten a generar estrategias que ayuden a solucionar a problemática actual?.			
ASPECTOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Si	6	12%	12%
No	32	64%	76%
No sabe/ No responde	12	24%	100%
TOTAL	50	100%	

Fuente: Autores

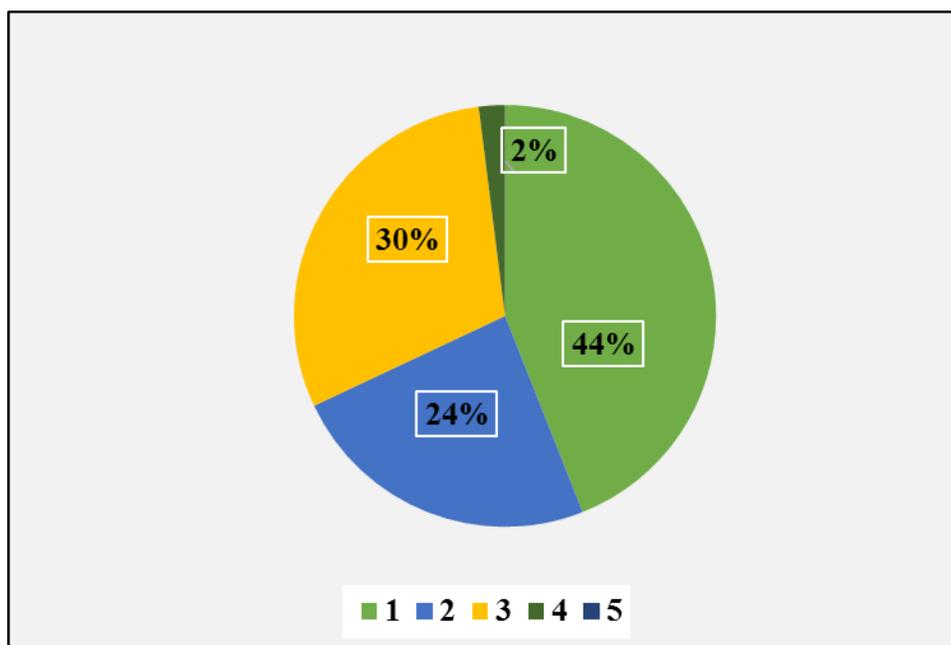
Gráfica N° 1. Resultados pregunta N°1

Fuente: Autores

Tabla N° 2. Pregunta N°2. Encuesta

Tamaño de la muestra		50	
Fecha de aplicación de la encuesta		Sep 01/2017	
Pregunta N°2. En una escala de 1 a 5 califique el estado de las principales vías del Barrio la Serranía de Villavicencio teniendo en cuenta que 1 es pésimo, 2 es regular, 3 es bueno, 4 es sobresaliente y 5 excelente estado.			
ASPECTOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
1	22	44%	44%
2	12	24%	68%
3	15	30%	98%
4	1	2%	100%
5	0	0%	100%
TOTAL	50	100%	

Fuente: Autores

Gráfica N° 2. Resultados pregunta N°2

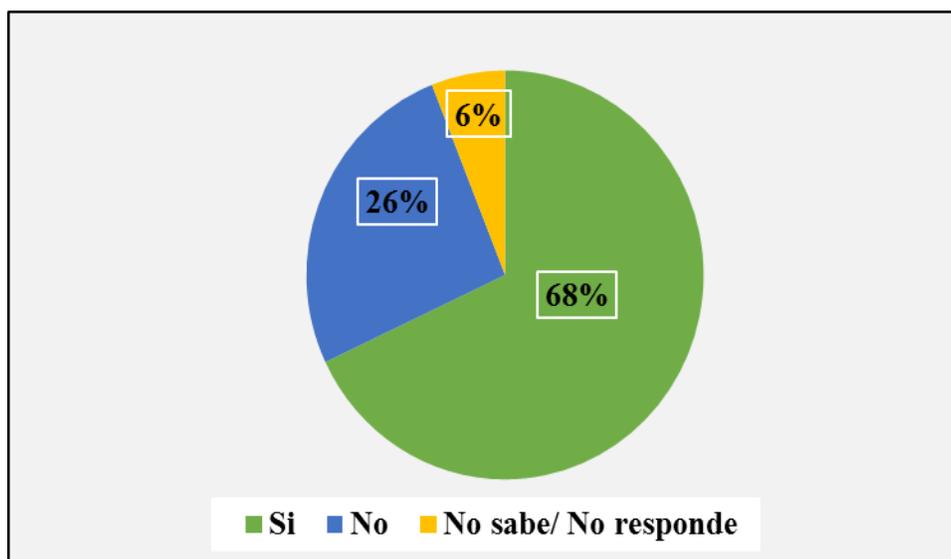
Fuente: Autores

Tabla N° 3. Pregunta N°3. Encuesta

Tamaño de la muestra		50	
Fecha de aplicación de la encuesta		Sep 01/2017	
Pregunta N°3. Si su respuesta anterior fue 1 o 2, ¿Considera que es necesario realizar un reparcho urgente en las principales vías de su sector?			
ASPECTOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Si	34	68%	68%
No	13	26%	94%
No sabe/ No responde	3	6%	100%
TOTAL	50	100%	

Fuente: Autores

Gráfica N° 3. Resultados pregunta N°3

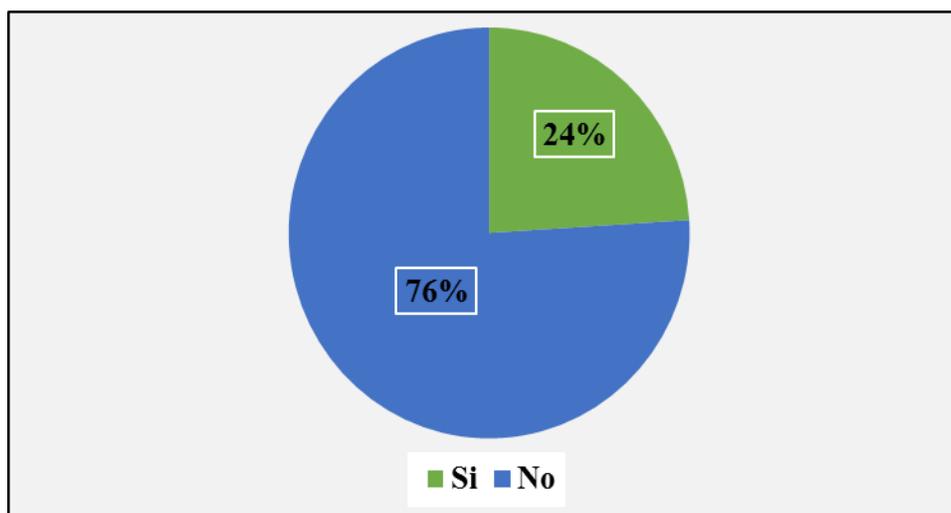


Fuente: Autores

Tabla N° 4. Pregunta N°4. Encuesta

Tamaño de la muestra		50	
Fecha de aplicación de la encuesta		Sep 01/2017	
Pregunta N°4. Conoce otra materia prima diferente al asfalto que sea usada actualmente para el reparcho y mejoramiento de vías?			
ASPECTOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Si	12	24%	24%
No	38	76%	100%
TOTAL	50	100%	

Fuente: Autores

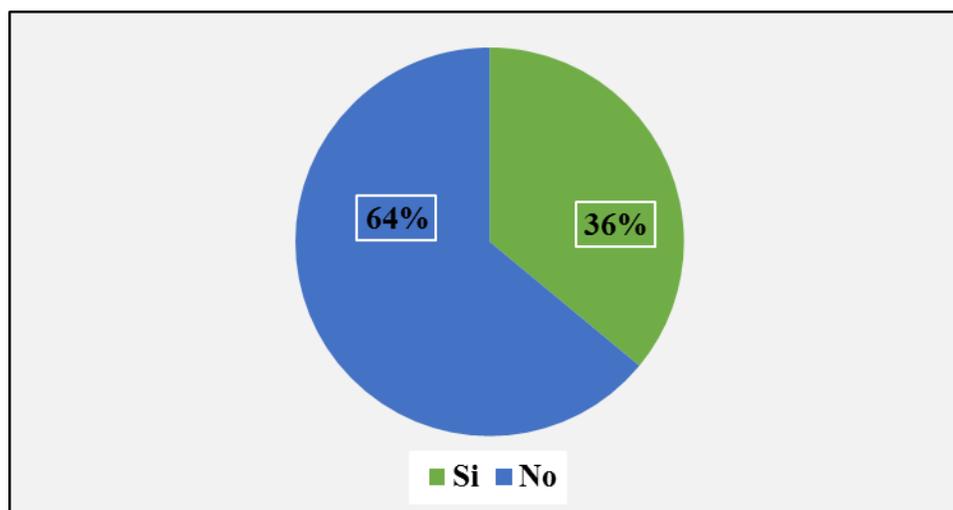
Gráfica N° 4. Resultados pregunta N°4

Fuente: Autores

Tabla N° 5. Pregunta N°5. Encuesta

Tamaño de la muestra		50	
Fecha de aplicación de la encuesta		Sep 01/2017	
Pregunta N°5. ¿Conoce el material PET (Tereftalato de polietileno)?			
ASPECTOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Si	18	36%	36%
No	32	64%	100%
TOTAL	50	100%	

Fuente: Autores

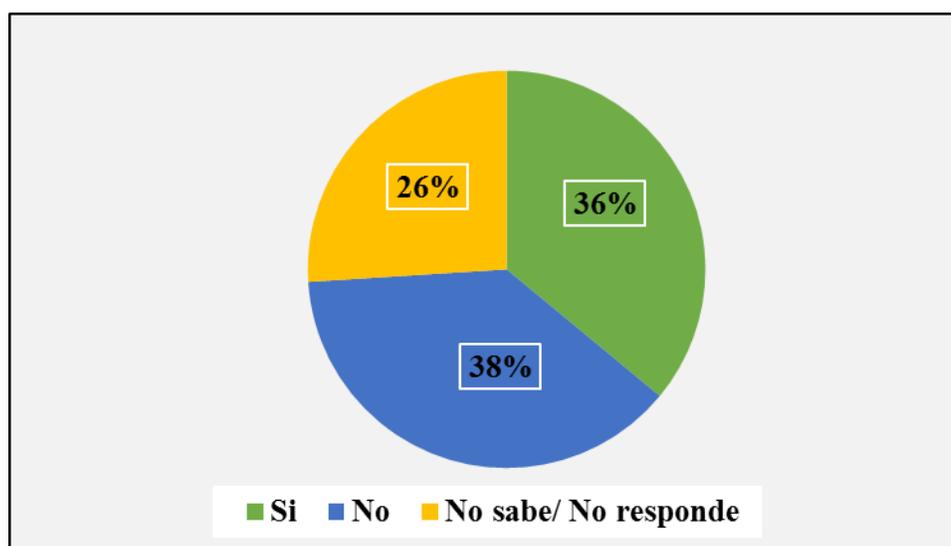
Gráfica N° 5. Resultados pregunta N°5

Fuente: Autores

Tabla N° 6. Pregunta N°6. Encuesta

Tamaño de la muestra		50	
Fecha de aplicación de la encuesta		Sep 01/2017	
Pregunta N°6. ¿En su hogar se consumen productos contenidos en envases de material PET?			
ASPECTOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Si	18	36%	36%
No	19	38%	74%
No sabe/ No responde	13	26%	100%
TOTAL	50	100%	

Fuente: Autores

Gráfica N° 6. Resultados pregunta N°6

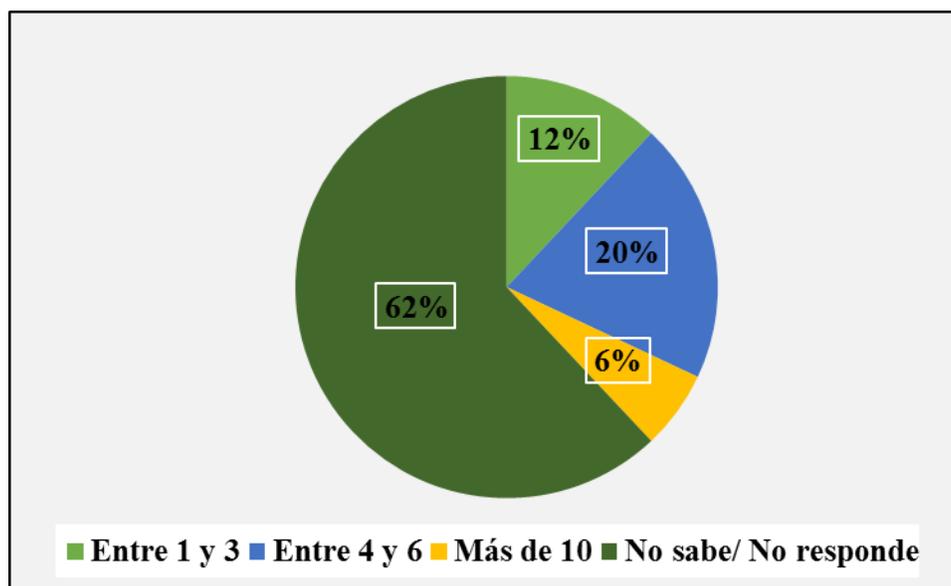
Fuente: Autores

Tabla N° 7. Pregunta N°7. Encuesta

Tamaño de la muestra	50		
Fecha de aplicación de la encuesta	Sep 01/2017		
Pregunta N°7. Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿Qué cantidad de envases PET se generan semanalmente en su hogar?			
ASPECTOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Entre 1 y 3	6	12%	12%
Entre 4 y 6	10	20%	32%
Más de 10	3	6%	38%
No sabe/ No responde	31	62%	100%
TOTAL	50	100%	

Fuente: Autores

Gráfica N° 7. Resultados pregunta N°7



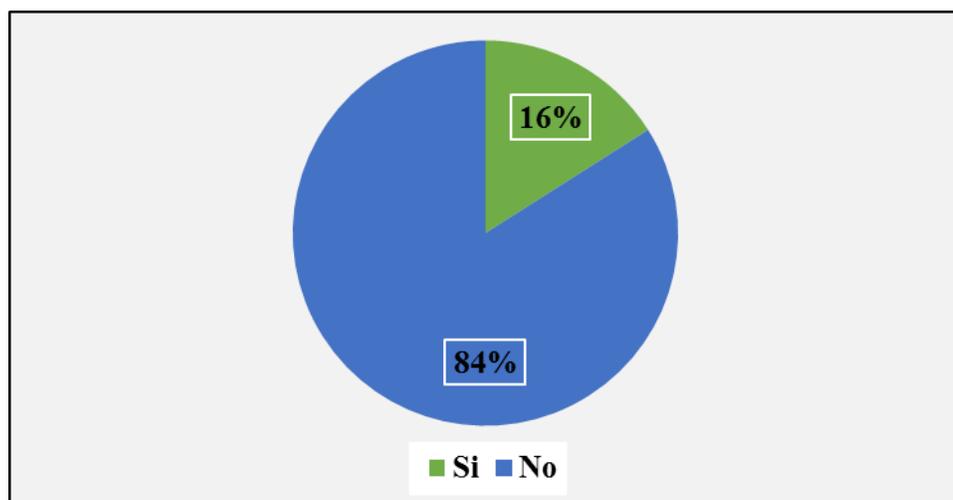
Fuente: Autores

Tabla N° 8. Pregunta N°8. Encuesta

Tamaño de la muestra		50	
Fecha de aplicación de la encuesta		Sep 01/2017	
Pregunta N°8. ¿En su hogar se recicla el material PET y/o se la da un segundo uso?			
ASPECTOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Si	8	16%	16%
No	42	84%	100%
TOTAL	50	100%	

Fuente: Autores

Gráfica N° 8. Resultados pregunta N°8



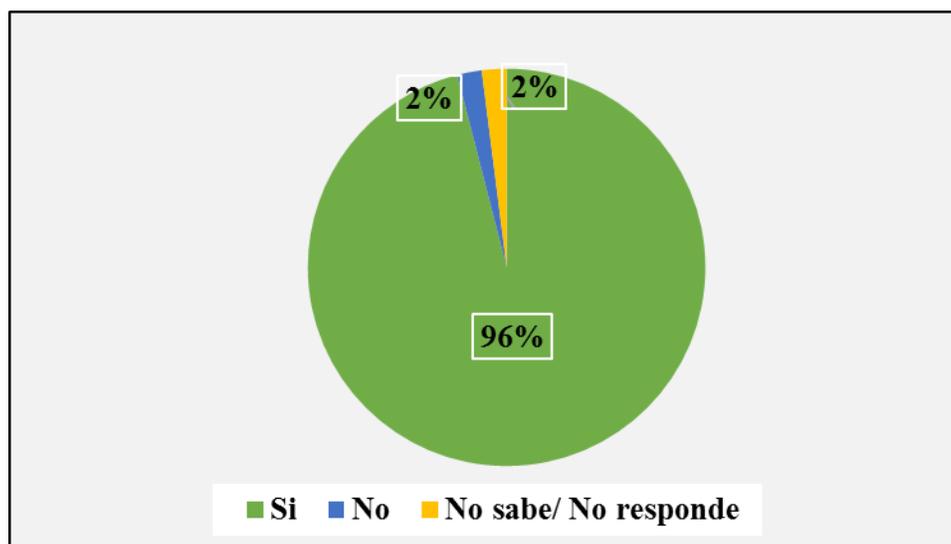
Fuente: Autores

Tabla N° 9. Pregunta N°9. Encuesta

Tamaño de la muestra		50	
Fecha de aplicación de la encuesta		Sep 01/2017	
Pregunta N°9. ¿Estaría de acuerdo en que se realizara el reparcho de las principales vias de su sector con material PET reciclado teniendo en cuenta que su uso se consdiera favorable para tal actividad?			
ASPECTOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Si	48	96%	96%
No	1	2%	98%
No sabe/ No responde	1	2%	100%
TOTAL	50	100%	

Fuente: Autores

Gráfica N° 9. Resultados pregunta N°9



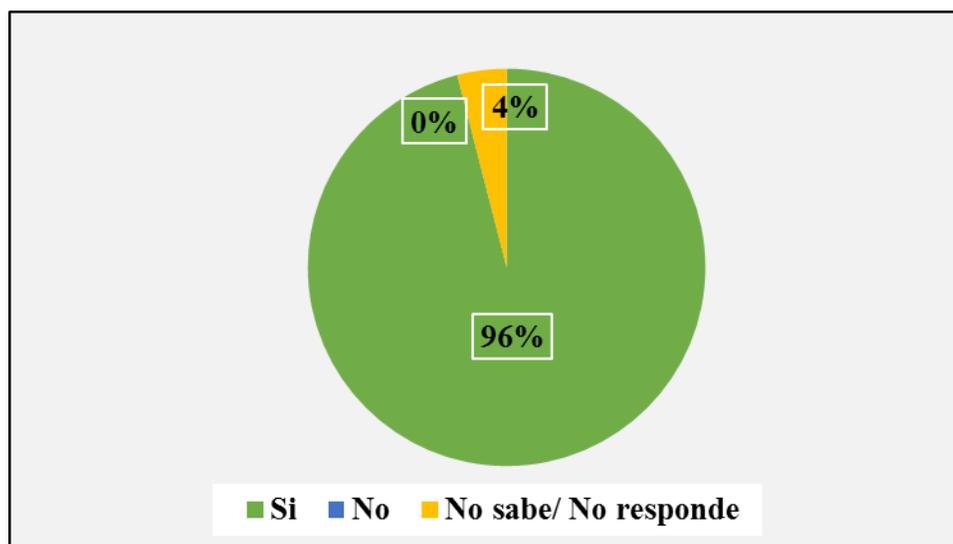
Fuente: Autores

Tabla N° 10. Pregunta N°10. Encuesta

Tamaño de la muestra		50	
Fecha de aplicación de la encuesta		Sep 01/2017	
Pregunta N°10. Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿Estaría dispuesto a reciclar el material PET consumido en su hogar para darle un segundo uso en el reparcho de las principales vías de su sector?			
ASPECTOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
Si	48	96%	96%
No	0	0%	96%
No sabe/ No responde	2	4%	100%
TOTAL	50	100%	

Fuente: Autores

Gráfica N° 10. Resultados pregunta N°10



Fuente: Autores

Con la encuesta generada se aprecia en los resultados que desafortunadamente la comunidad tiene muy poco conocimiento sobre el uso y beneficios del material PET y su importancia de reciclarlo, tal como se muestra a continuación:

- El 64% de la población encuestada no conoce el material PET.
- El 84% de los encuestados no reciclan este material ni tampoco del dan un segundo uso.
- El 96% de las personas estarían dispuestas en apoyar un estudio técnico para identificar si es posible usar el material PET en el reparcho de vías como material complemento al asfalto.
- El 96% de las personas estarían dispuestas en dar un segundo uso a los productos empacados en material PET.

6.1.2 Fase N°2. Ejecución.

6.1.2.1 Prueba de laboratorio mezcla PET/Asfalto.

Con el objetivo de delimitar que el asfalto y agregado utilizados para la fabricación de las probetas se encontrara bajo los estándares de calidad que rige la normativa colombiana como es el caso de la norma I.N.V.I.A.S a continuación se presenta el desarrollo experimental realizado para caracterizar los materiales:

Tabla N° 11. Ficha técnica de las mezclas asfálticas

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	MEZCLAS DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS			MEZCLA DE ALTO MÓDULO
		CATEGORÍA DE TRANSITO			
		NT1	NT2	NT3	
Compactación (golpes/cara)	E-748	50	75	75	75
Estabilidad mínima (kg)	E-748	500	750	900	1500
Flujo (mm)	E-748	2-4	2-4	2-6	2-3
Vacíos con aire (Va) %	Rodadura Intermedia Base E-736 o E-799	3-5	3-5	3-7	-
		4-8	4-8	4-10	4-6
		-	5-9	5-8	-
Vacíos en los agregados minerales (VAM) %	Mezclas 0	≥13	≥13	≥13	-
	Mezclas 1	≥14	≥14	≥14	≥14
	Mezclas 2	≥15	≥15	≥15	-
	Mezclas 3	≥16	≥16	≥16	-
% de vacíos llenos de asfalto (VFA)	E-799	65-80	65-78	65-75	63-75
Relación Lienante/Asfalto efectivo, en peso	E-799	0,8-1,2			1,2-1,4
Concentración de llenante, valor máximo	E-745	Valor crítico			

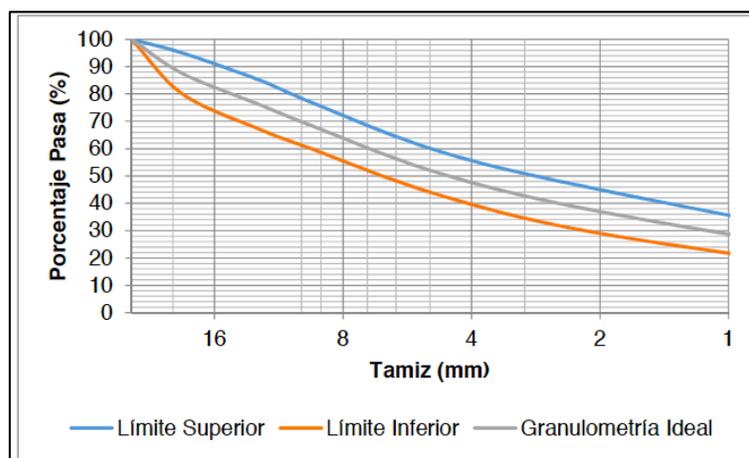
Fuente: (Invías , 2013)

6.1.2.1.1 Pruebas de agregado.

La representación granulométrica se utiliza en medios prácticos a través de una curva conocida como Curva Granulométrica, la cual corresponde a un porcentaje estadístico de

partículas de polvo, también conocido como mallaje, en la siguiente gráfica se observa la curva que indica la granulometría ideal (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

Gráfica N° 11. Curva de granulometría ideal



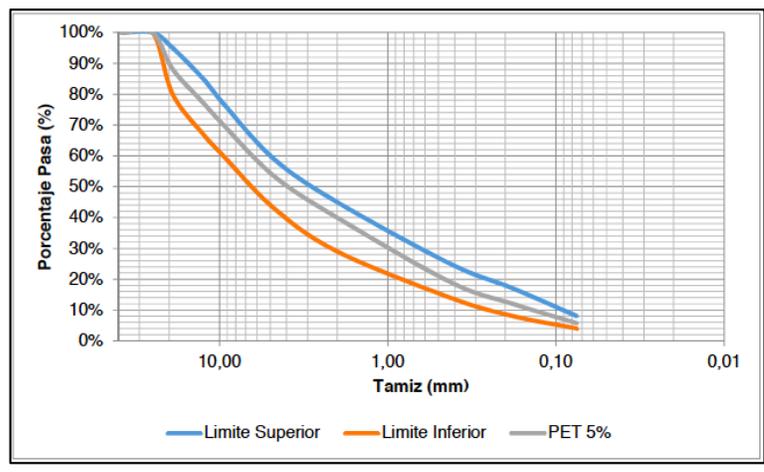
Fuente: (Vidal, Ramirez, Grajales, 2014)

Los porcentajes de polímero utilizados para modificar el asfalto dependen del tipo de polímero. El PET es de tipo plastómero, el cual necesita un buen manejo ya que en grandes proporciones, tiende a rigidizar el asfalto, por lo tanto al no contar con un protocolo de mezcla estandarizado para modificar el asfalto con PET se decidió mediante este proyecto de investigación referenciarse con el estudio realizado por estudiantes de la universidad Javeriana de Cali. (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

Teniendo en cuenta que el presente trabajo de grado está enfocado a vías de tráfico liviano, se estableció un nivel de tránsito NT2 (Ani.gov, 2016), ya que es un nivel de tráfico liviano (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

En la siguiente gráfica podremos observar las curvas granulométricas obtenidas con un agregado parcial de 5% de PET. (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

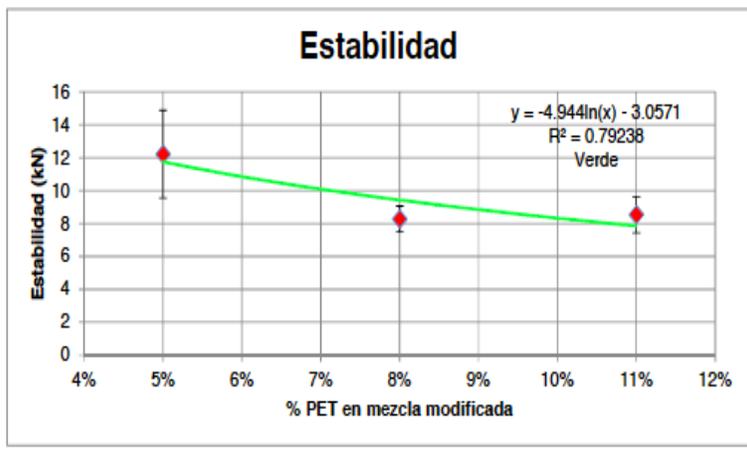
Gráfica N° 12. Curva granulométrica del agregado con parcial de 5% de PET.



Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

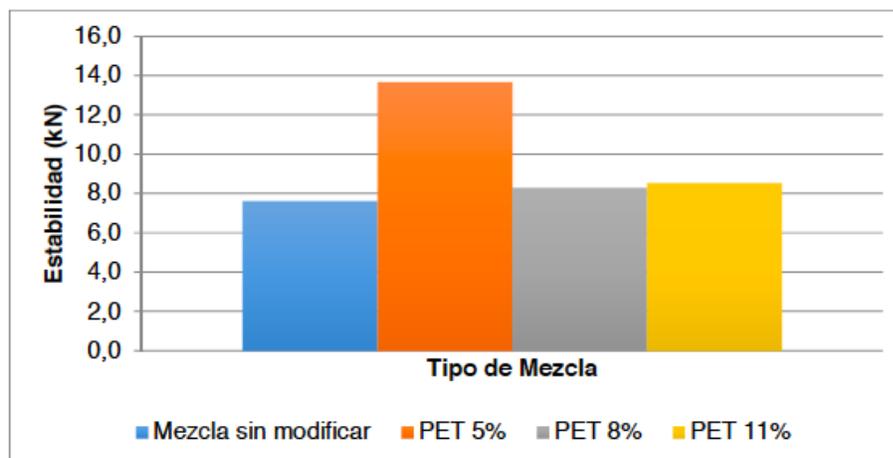
Por otra parte es necesario identificar la estabilidad de la mezcla, en la siguiente gráfica podremos observar el comportamiento con un 5% de material PET:

Gráfica N° 13. Estabilidad obtenida por cada porcentaje de PET.



Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

Gráfica N° 14. Comparación de las estabilidades entre las briquetas sin modificar y las briquetas modificadas con PET.



Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

Según criterios de diseño de mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall, es de 750 Kg para una categoría de tránsito NT2. En la gráfica anterior se observa que el valor de estabilidad mayor de 7.5 KN corresponde a la mezcla de 5% con material PET lo cual significa una estabilidad óptima (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

6.1.2.1 Análisis de resultados (Análisis de pruebas de asfaltos).

Según el artículo 450 de INVIAS, la estabilidad mínima es de 750 kg para un nivel de tránsito NT2. En la Grafica No 13 y No 14, se observa que en todas las mezclas modificadas la estabilidad está por encima de la mínima establecida por la norma, lo que indica que cumple con un criterio de diseño de la mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

En la Grafica N° 13 se puede notar que existe una mejora sustancial de la estabilidad de la mezcla con PET con respecto a la mezcla sin modificar, esta mejora sustancial, se ve reflejada en una mayor rigidez por parte de la mezcla modificada (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

Por otro lado, se tiene el flujo. El plástico es conocido por la capacidad de deformación que tiene antes de romperse el material. El módulo de elasticidad de un plástico debe ser menor al de un acero, por ejemplo, se necesita menos esfuerzo para lograr grandes deformaciones. Aparte de eso, los resultados muestran resultados lógicos a la incorporación de un material más dúctil a la mezcla tradicional. Sin embargo se debe tener en cuenta que las cargas se tratan de tránsito es decir el flujo, debe ser limitado (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

6.1.3 Fase 3: Conclusión.

- Conforme el estudio técnico relacionado anteriormente, se pudo identificar que con un porcentaje del 5% el PET aporta una estabilidad considerable al ser mezclado con asfalto.
- En porcentajes mayores de PET éste aporta mayor rigidez a la mezcla asfáltica lo cual hace que esta se comporte de manera frágil.
- Es factible el uso de PET al 5% como agregado a una mezcla asfáltica (MDC-2) expuesta a condiciones de tráfico liviano (NT2) ya que la mezcla cumple con la estabilidad y el flujo necesario.

- De acuerdo a la encuesta realizada se pudo identificar que el sector seleccionado desconoce el uso del material PET una vez ha sido reciclado.

6.2 Matriz F.O.D.A.

Figura N° 4. Matriz F.O.D.A

Nombre del Proyecto	ESTUDIO TÉCNICO DE FACTIBILIDAD PARA EL REPARCHEO DE VÍAS DE TRÁFICO LIVIANO USANDO PLÁSTICO RECICLADO PET Y ASFALTO EN LA COMUNA N° 7, BARRIO LA SERRANÍA DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO, META.
Objetivo General	Identificar mediante un estudio técnico la factibilidad del uso del material plástico reciclado PET (Polietilén Tereftalato) como complemento al asfalto para el reparcho de vías de tráfico liviano en la ciudad de Villavicencio.

MATRIZ D.O.F.A.		AMENAZAS			OPORTUNIDADES		
		A1	A2	A3	O1	O2	O3
FORTALEZAS	F1	1	1	1	4	4	2
	F2	1	1	2	3	4	2
	F3	3	1	2	3	2	2
DEBILIDADES	D1	1	1	2	3	1	1
	D2	1	2	1	1	1	1
	D3	4	1	3	1	1	1

Ponderación	Correlación
1	Baja
2	Poca
3	Media
4	Alta

AMENAZAS	
A1	Escenarios gubernamentales que no permiten realizar el estudio de factibilidad en la zona.
A2	Resultados poco favorables en las pruebas físicas y químicas de compatibilidad de la mezcla entre el PET y el asfalto.
A3	Baja participación de la ciudadanía en el proceso de recolección de la información.
OPORTUNIDADES	
O1	Motivación a la ciudadanía para crear una cultura de reciclaje y aprovechamiento de residuos en proyectos beneficios para la comunidad.
O2	Creación de una empresa de obras civiles basada en el reuso de materiales desechados.
O3	Extensión del proyecto a nivel departamental y/o nacional.
FORTALEZAS	
F1	Aprovechamiento del material PET desechado en los hogares de Villavicencio.
F2	Mitigación del impacto ambiental en Villavicencio.
F3	Inclusión de la comunidad en los proyectos de obras civiles para mejorar la imagen de cada sector en Villavicencio.
DEBILIDADES	
D1	Bajo conocimiento de la comunidad acerca del rehuso del material PET.
D2	Alto costo en pruebas de laboratorio químicas y físicas de los materiales asfalto y PET.
D3	Carencia de información acerca de cifras reales de consumo de material PET en Villavicencio.

OBJETIVOS		METAS	
1	Solicitar a las entidades gubernamentales apoyo económico bajo el modelo de uso de materiales reciclados para el reparcho de vías en la Comuna N°7 de Villavicencio.	1	Presentar las cifras reales de ejecución del proyecto de reparcho de vías con mezcla entre Pet y asfalto a las entidades gubernamentales comparadas con los costos actuales de reparcho mediante el modelo tradicional.
		2	Realizar el reparcho de las principales vías de tráfico liviano en la Ciudad de Villavicencio mediante el uso de mezcla entre asfalto y material PET
2	Identificar el nivel de cultura de reciclaje actual de los habitantes de la Comuna N°7 de Villavicencio.	1	Realizar un sondeo que arroje cifras exactas acerca del consumo de material PET en la Comuna N°7 de Villavicencio y el uso so disposición que da la comunidad una vez los envases son consumidos.
		2	Calcular la cantidad de material PET que cada barrio de la comuna N°7 de Villavicencio aportaría para realizar el reparcho de las vías principales de tráfico liviano que se encuentran en mal estado.
3	Identificar el impacto ambiental generado por el consumo y desecho del material PET en Villavicencio.	1	Socializar a la comunidad Villavicence los problemas actuales generados por el material PET que se decha diariamente presentando porcentajes de consumo y daños causados en el medio ambiente.
		2	Motivar a la comunidad para que se reusa el material PET en proyectos que benefician a la comunidad como el reparcho de las vías donde diariamente transitan.

Fuente: Autores

6.3 Presupuesto

Figura N° 5. Presupuesto general del proyecto

Nombre del proyecto						
ESTUDIO TÉCNICO DE FACTIBILIDAD PARA EL REPACHEO DE VÍAS DE TRÁFICO LIVIANO USANDO PLÁSTICO RECICLADO PET Y ASFALTO EN LA COMUNA N° 7, BARRIO LA SERRANÍA DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO, META						
Objetivo						
ELABORACIÓN DE PRESUPUESTO PARA EL ESTUDIO TÉCNICO DE FACTIBILIDAD PARA EL REPACHEO DE VÍAS DE TRÁFICO LIVIANO USANDO PLÁSTICO RECICLADO PET Y ASFALTO						
PRESUPUESTO DEL PROYECTO						
No	Descripción	Tipo	Fuente de Financiación	Cantidad	Val. Unitario	Val. Total
1	Fase 1: Diagnóstico					
1.1	Alquiler de equipos de cómputo: Portátiles	Equipo	Propia	2	\$100.000	\$200.000
1.2	Papelería	Servicio	Propia	1	\$80.000	\$80.000
1.3	Servicio de telefonía celular y datos	Servicio	Propia	1	\$30.000	\$30.000
1.4	Personal: Auxiliar	Servicio	Propia	1	\$40.000	\$40.000
1.5	Víaticos / Refrigerios	Refrigerio	Propia	10	\$7.000	\$70.000
2	Fase 2: Ejecución					
2.1	Otros servicios	Servicio	Propia	1	\$650.000	\$650.000
2.2	Servicio de transporte	Alquiler	Propia	3	\$30.000	\$90.000
TOTAL						\$1.160.000

Fuente: Autores

7 Conclusiones

Es factible el uso de PET al 5% como agregado a una mezcla asfáltica (MDC-2) expuesta a condiciones de tráfico liviano (NT2) ya que la mezcla cumple con la estabilidad y el flujo necesario, es decir que es factible el uso del plástico PET como agregado al Asfalto en vías de tráfico liviano en la comuna 7 de la ciudad de Villavicencio.

Conocer por medio de la encuesta aplicada a la comuna 7, el uso del material PET (Polietilén Tereftalato) después de ser reciclado.

Se logró reconocer mediante el estudio técnico relacionado que con un porcentaje del 5% el PET aporta una estabilidad considerable al ser mezclado con asfalto.

En porcentajes mayores de PET éste aporta mayor rigidez a la mezcla asfáltica lo cual hace que esta se comporte de manera frágil.

Al ejecutarse el proyecto en la zona seleccionada, las encuestas nos informan que la comunidad apoyaría en la recolección del material facilitando la obtención de la materia prima y creando una cultura de reciclaje con beneficios productivos en la misma.

Este tipo de mezclas modificadas con PET son una solución alterna a las mezclas asfálticas convencionales.

Este tipo de ideas aportan positivamente al cuidado del medio ambiente ya que al utilizar este material PET mezclado con asfalto en el reparcho de vías de tráfico liviano permiten reducir la cantidad de plástico que no ha sido reutilizado.

No hay programas de capacitación por parte de la administración local que fomenten la cultura del reciclaje del material PET en la comunidad.

Con el apoyo de la Alcaldía y/o Gobernación para le ejecución de este tipo de proyectos se podría apoyar las empresas locales dedicadas al reciclaje y de igual forma se aportaría a la disminución de la contaminación por este tipo de materiales.

8 Recomendaciones

Se recomienda realizar ensayos de fatiga sobre la mezcla modificada con el 5% de PET, con el objetivo de delimitar a cabalidad el número de ejes de diseño para el cual puede trabajar específicamente esta mezcla modificada.

Previo el estudio realizado se recomienda realizar un estudio financiero para determinar la factibilidad del reparcho de vías de tráfico liviano con asfalto y agregados PET versus una mezcla convencional de asfalto y agregados tradicionales.

De igual forma se recomienda evaluar mediante otros estudios técnicos, la factibilidad de usar otro tipo de materiales que sirvan como agregado al asfalto y de esta manera logren aportar a la disminución de la contaminación.

Se recomienda que la administración municipal apoye este tipo de iniciativas mediante programas de patrocinio aportando así al crecimiento laboral de la región y sobre todo al re-uso del material PET el cual está siendo desaprovechado actualmente.

Por parte de la Alcaldía municipal se realicen capacitaciones en las diferentes comunas del municipio para enseñar una cultura de reciclaje y separación de los desechos, lo cual permitiría optimizar los procesos de recolección de basura identificando fácilmente los materiales que sirven como materia prima en el reciclaje.

9 Bibliografía

- (s.f.). Obtenido de <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/pilas-y-plasticos-entre-lo-que-mas-contamina-2375746>
- (04 de mayo de 2016). Obtenido de www.larepublica.co:
<https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/pilas-y-plasticos-entre-lo-que-mas-contamina-2375746>
- acmor.org.mx*. (2017). Obtenido de <http://www.acmor.org.mx/cuam/2008/cuam-no-mas-baches.pdf>
- ACSSO Ingeniería*. (2010). Obtenido de
<http://construccionyseguridad.blogspot.com.co/2010/05/asfalto-pavimento-riesgos.html>
- aditivosasfalticos.com*. (2016). Obtenido de <http://www.aditivosasfalticos.com/olasitio.html>
- Alcaldía Bogota*. (2010). Obtenido de
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38899>
- Alcaldia Villavicencio*. (2016). Obtenido de
<http://www.villavicencio.gov.co/Paginas/default.aspx>
- Alvarez, M. L. (s.f.). *El abc de los plásticos*. UIA.
- amarilloverdeyazul.com*. (febrero de 2012). Obtenido de
<http://www.amarilloverdeyazul.com/2012/02/plastisoil-el-novedoso-pavimento-fabricado-con-plastico-pet-procedente-de-botellas/>
- Ambientum, revista*. (octubre de 2002). Obtenido de
http://www.ambientum.com/revista/2002_31/ENVSSPET1.htm
- Ani.gov*. (2016). Obtenido de ftp://ftp.ani.gov.co/Licitaci%C3%B3n%20VJVGCLP%20001-2016-M-1/Especificaciones%20Generales%20de%20Construccion%20de%20carreteras/CAP%C3%8DTULO%204_1.pdf
- catarina.udlap.mx*. (2017). Obtenido de
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/maxil_c_r/capitulo2.pdf
- Chemimport*. (06 de 07 de 2015). Obtenido de <http://www.mercanuncios.pe/chemimport-63567.htm>
- conasfaltos.com*. (s.f.). Obtenido de <https://conasfaltos.com/product/mdc-1/>

- Conicet.gov.* (2014). Obtenido de <http://paisciencia.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/2014/07/Pol%C3%ADmeros-Ficha-para-alumnos.pdf>
- construmatica.com.* (2017). Obtenido de http://www.construmatica.com/construpedia/Clasificaci%C3%B3n_de_las_Mezclas_Asf%C3%A1lticas.
- curiosoando.com.* (16 de junio de 2014). Obtenido de <https://curiosoando.com> › Ciencia y tecnología.
- dreamstime.* (2017). Obtenido de <https://www.dreamstime.com/stock-image-dyed-plastic-polymer-resin-lot-resins-laboratory-image40092031#>
- Ecured.cu.* (s.f.). Obtenido de <https://www.ecured.cu/images/thumb/b/bc/Granulogia.jpg/260px-Granulogia.jpg>
- Estrucplan.* (01 de 01 de 2000). Obtenido de <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/imprimirss.asp?IDArticulo=305>
- Felipe, T. M. (2010). *Hidrocarburos: Manejo seguro*. Bogotá: Ecoe ediciones.
- G., A. J. (s.f.).
- <http://www.upc.edu/>. (s.f.). Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-14.pdf?sequence=14>
- <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-14.pdf?sequence=14>. (s.f.). Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-14.pdf?sequence=14>
- Invías .* (2013). Obtenido de <http://giv.com.co/invias2013/450%20MEZCLAS%20ASFALTICAS%20EN%20CALIENTE%20DE%20GRADACION%20CONTINUA.pdf>
- Invías.* (07 de junio de 2017). Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos1>
- Lizcano, F. A. (2015). *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. Bogotá: Ecoe ediciones Ltda.
- Martín, E. C. (2001). *Grandes avances de la ciencia y la tecnología*. impresa.
- plástico.com.* (noviembre de 2013). Obtenido de <http://www.plastico.com/temas/El-plastico,-al-rescate-del-asfalto-y-el-transporte-publico+95131?pagina=1>

- Plastisoil*. (13 de febrero de 2017). Obtenido de <http://www.amarilloverdeyazul.com/2012/02/plastisoil-el-novedoso-pavimento-fabricado-con-plastico-pet-procedente-de-botellas/>
- Property*. (s.f.). Obtenido de <http://property101.asia/25487/trituradora-deembases-de-plastico-manual/>
- PSYMA GROUP AG*. (04 de 11 de 2015). Obtenido de <http://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>
- QuimiNet*. (15 de junio de 2012). Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/las-caracteristicas-mas-importantes-del-pet-2784845.htm>
- Quintana, R. H. (2015). *Pavimentos: materiales, construcción y diseño*. Bogotá: Ecoe ediciones.
- researchgate.net*. (s.f.). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/257726147_Green_Pavement_Using_Recycled_Polyethylene_Terephthalate_PET_as_Partial_Fine_Aggregate_Replacement_in_Modified_Asphalt
- Rico, M. B. (2012). *Tecnología de polímeros: Procesado y propiedades*. España: Universidad de Alicante.
- upc.edu*. (2017). Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-14.pdf?sequence=14>
- Vidal, Ramirez, Grajales. (2014).
- Vitela, Javeriana Cali*. (2014). Obtenido de <http://vitela.javerianacali.edu.co/handle/11522/3145>
- vitela.javerianacali Pag 57*. (2014). Obtenido de http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3145/Art%C3%ADculo_cient%C3%ADfico.pdf?sequence=9&isAllowed=y
- Wikipedia*. (8 de 06 de 2014). Obtenido de <https://historiasdeempaques.wordpress.com/category/plasticos/>
- www.catarina.udlap.mx*. (2017). Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/maxil_c_r/capitulo2.pdf
- www.plastico.com*. (Noviembre de 2013). Obtenido de <http://www.plastico.com/temas/El-plastico,-al-rescate-del-asfalto-y-el-transporte-publico+95131?pagina=1>

10 Anexos

Anexo N° 1. Formato de encuesta aplicada al sector domiciliario de la comuna 7, barrio la Serranía en la ciudad de Villavicencio, Meta

ENCUESTA APLICADA AL SECTOR DOMICILIARIO DE LA COMUNA 7, BARRIO LA SERRANÍA DE LA CIUDAD DE VILLAVICENCIO, META

1. Conociendo el estado de las vías del sector, usted como residente ha tenido alguna charla de sensibilización por parte de los líderes de la comuna que apunten a generar estrategias que ayuden a solucionar la problemática presente.

- a. SI ____
- b. NO ____
- c. No sabe/No responde ____

2. En una escala de 1 a 5 califique es estado de las principales vías del Barrio la Serranía de Villavicencio teniendo en cuenta que 1 es pésimo, 2 es regular, 3 es bueno, 4 es sobresaliente y 5 excelente estado.

- a. 1 ____
- b. 2 ____
- c. 3 ____

d. 4 ____

e. 5 ____

3. Si su respuesta anterior fue 1 o 2, ¿Considera que es necesario realizar un reparcho urgente en las principales vías de su sector?

a. SI ____

b. NO ____

c. No sabe/No responde ____

4. ¿Conoce otra materia prima diferente al asfalto que sea usada actualmente para el reparcho y mejoramiento de vías?

a. SI ____

b. NO ____

c. ¿Cuál? _____

5. ¿Conoce el material PET?

a. SI ____

b. NO ____

6. ¿En su hogar se consumen productos contenidos en envases de material PET?

a. SI ____

- b. NO ____
- c. No sabe/No responde ____

7. Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿Qué cantidad de envases PET se generan semanalmente en su hogar?

- a. Entre 1 y 3 ____
- b. Entre 4 y 6 ____
- c. Entre 7 y 10 ____
- d. Más de 10 ____

8. En su hogar se recicla el material PET y/o se le da un segundo uso?

- a. SI ____
- b. NO ____
- c. ¿Cuál uso? _____

9. ¿Estaría de acuerdo en que se realizara el reparcho de las principales vías de su sector con material PET reciclado teniendo en cuenta que su uso se considera favorable para tal actividad?

- a. SI ____
- b. NO ____

c. No sabe/No responde ____

10. Si su respuesta anterior fue afirmativa, ¿estaría dispuesto a reciclar el material PET consumido en su hogar para darle un segundo uso en el reparcho de las principales vías de su sector?

a. SI ____

b. NO ____

c. No sabe/No responde ____

11 Apéndices

11.1 Prueba de laboratorio mezcla PET/Asfalto.

Con el objetivo de delimitar que el asfalto y agregado utilizados para la fabricación de las probetas se encontrara bajo los estándares de calidad que rige la normativa colombiana como es el caso de la norma I.N.V.I.A.S a continuación se presenta el desarrollo experimental realizado para caracterizar los materiales:

Tabla N°1. Ficha técnica de las mezclas asfálticas

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	MEZCLAS DENSAS, SEMIDENSAS Y GRUESAS CATEGORÍA DE TRANSITO			MEZCLA DE ALTO MÓDULO	
		NT1	NT2	NT3		
		Compactación (golpes/cara)	E-748	50		75
Estabilidad mínima (kg)	E-748	500	750	900	1500	
Flujo (mm)	E-748	2-4	2-4	2-6	2-3	
Vacíos con aire (Va) %	Rodadura	E-736 o E-799	3-5	3-5	3-7	-
	Intermedia		4-8	4-8	4-10	4-6
	Base		-	5-9	5-8	-
Vacíos en los agregados minerales (VAM) %	Mezclas 0	E-799	≥13	≥13	≥13	-
	Mezclas 1		≥14	≥14	≥14	≥14
	Mezclas 2		≥15	≥15	≥15	-
	Mezclas 3		≥16	≥16	≥16	-
% de vacíos llenos de asfalto (VFA)	E-799	65-80	65-78	65-75	63-75	
Relación Llenante/Asfalto efectivo, en peso	E-799	0,8-1,2			1,2-1,4	
Concentración de llenante, valor máximo	E-745	Valor crítico				

Fuente: (Invías , 2013)

Pruebas de agregado.

La Granulometría corresponde a la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado conforme se determina por análisis de tamices (Ecured.cu, s.f.).

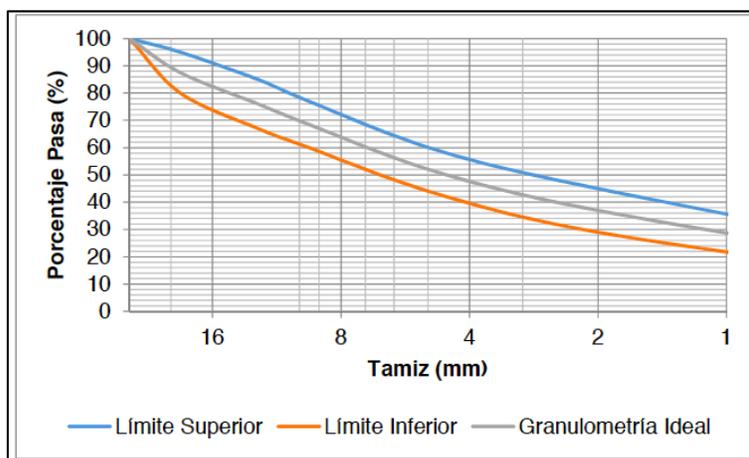
Imagen N°1. Tamaños granulométría



Fuente: (Ecured.cu, s.f.)

La representación granulométrica se utiliza en medios prácticos a través de una curva conocida como Curva Granulométrica, a continuación se observa que la curva en la gráfica indica la granulometría ideal (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

Gráfica N° 15. Curva de granulometría ideal



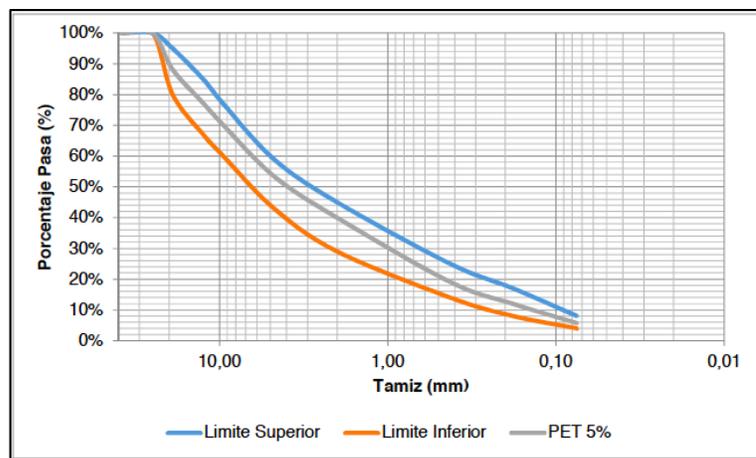
Fuente: (Vidal, Ramirez, Grajales, 2014)

Los porcentajes de polímero utilizados para modificar el asfalto dependen del tipo de polímero. El PET es de tipo plastómero, el cual necesita un buen manejo ya que en grandes proporciones, tiende a rigidizar el asfalto, por lo tanto al no contar con un protocolo de mezcla estandarizado para modificar el asfalto con PET se decidió mediante este proyecto de investigación referenciarse con el estudio realizado (Vitela, Javeriana Cali, 2014), se utilizaron porcentajes de PET de 5%, 8% y 11%, teniendo en cuenta los estudios de WAN y ACHMAD (reserchgate.net), considerando que la curva granulométrica de los agregados y PET combinados no se salga del rango para mezclas asfálticas en caliente MDC-1 (conasfaltos.com).

Por motivos de investigación, se estableció un nivel de tránsito NT2 debido a que es un nivel de tráfico liviano e intermedio (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

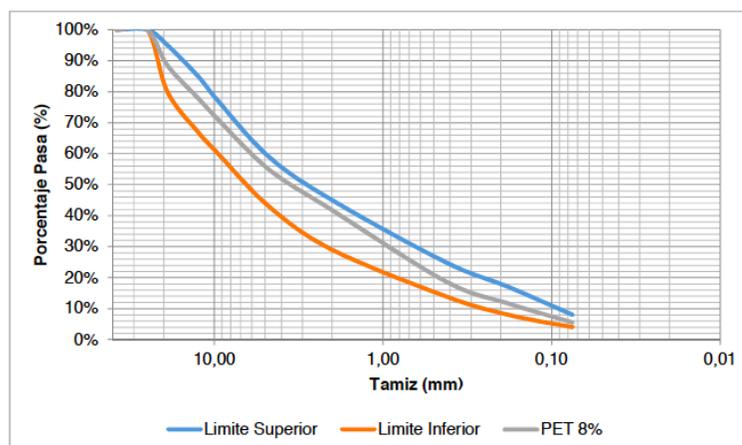
En los siguientes gráficos se pueden observar las curvas granulométricas obtenidas (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

Gráfica N°2. Curva granulométrica del agregado con parcial de arena de 5% de PET.



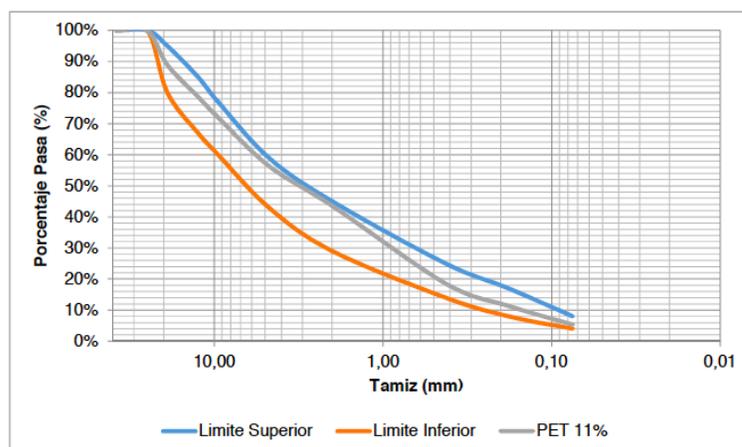
Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

Gráfica N°3. Curva granulométrica del agregado con parcial de arena de 8% de PET.



Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

Gráfica N°4. Curva granulométrica del agregado con parcial de arena de 11% de PET.



Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

Como primera instancia, se determinan los pesos de agregado y asfalto para preparar 1200 g de mezcla requeridos en cada briqueta. Estos pesos dependen del porcentaje de asfalto. Para la realización de este ensayo se eligieron cinco porcentajes de asfalto, de 4.5% a 6.5%. Por cada porcentaje se realizaron tres briquetas (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

En bandejas separas y previamente taradas, se pesó cada porción de agregados, de acuerdo al porcentaje de asfalto. El agregado se calentó previamente en el horno por un

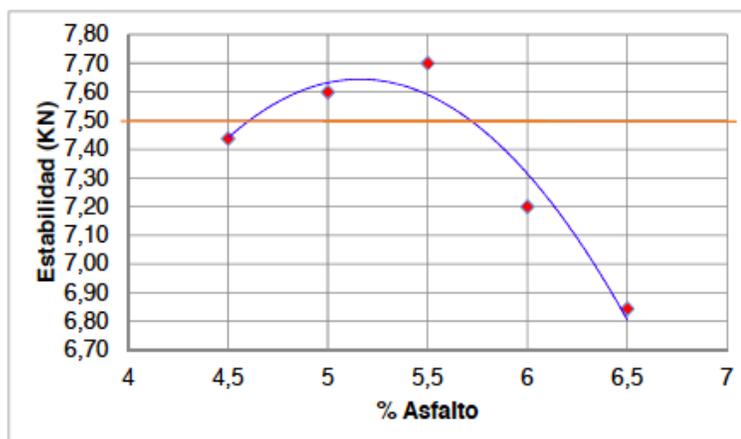
período de 24 horas a una temperatura de 145°C. Posteriormente, se transfirió a los recipientes de mezclado, creando un cráter en el centro. En este se vertió la cantidad de asfalto necesaria para la probeta, previamente calentado a una temperatura de mezcla de 148°C. A continuación, se mezclaron los materiales de manera rápida hasta obtener una mezcla homogénea (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

Posteriormente, se colocó toda la mezcla en el conjunto en el dispositivo para moldear probetas, previamente calentado en el horno. Se puso el collar y se aplicaron 75 golpes con el martillo compactador. Luego, se volteó la probeta y nuevamente se le aplicaron 75 golpes. Se repitió el procedimiento para cada una de las briquetas. La totalidad de briquetas se dejaron enfriar por 24 horas. Luego, se sacó cada probeta y se tomaron medidas de espesor y diámetro (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

De la misma manera, se tomó el peso seco, peso para finado y peso sumergido de cada una de las briquetas. Para el ensayo de estabilidad y flujo, se colocaron las probetas en un baño de agua por un período de 2 horas, a una temperatura de 60°C (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

Posteriormente, se pone la briketa en la mordaza inferior. Se monta la mordaza superior con el medidor de deformación y se sitúa el conjunto en la prensa. A continuación, se aplica la carga sobre la probeta a una rata de deformación constante de 50,8 mm/min, hasta que ocurra la falla. Se anotan los valores de carga y flujo máximos, arrojados por la prensa (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

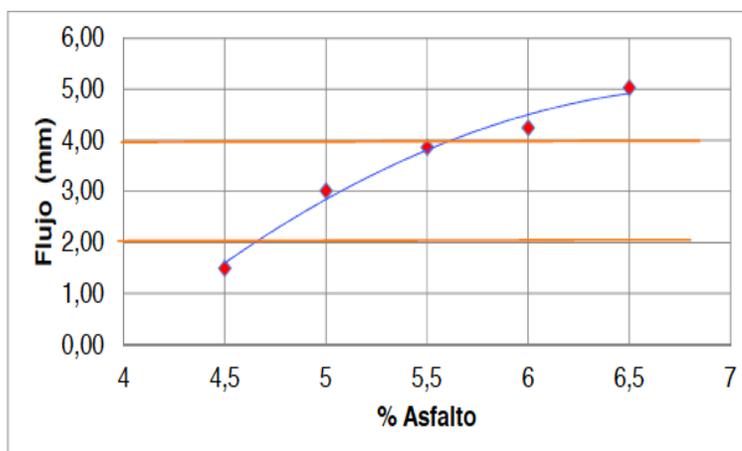
Gráfica N°5. Estabilidad Vs. % de asfalto de las briquetas



Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

La estabilidad mínima establecida, según criterios de diseño de mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall, es de 750 Kg para una categoría de tránsito NT2. En la gráfica anterior se observa que el valor de estabilidad mayor de 7.5 KN es superado con las mezclas de 5% y 5.5% de asfalto. En este punto se pueden descartar las muestras de 4.5%, 6% y 6.5% (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

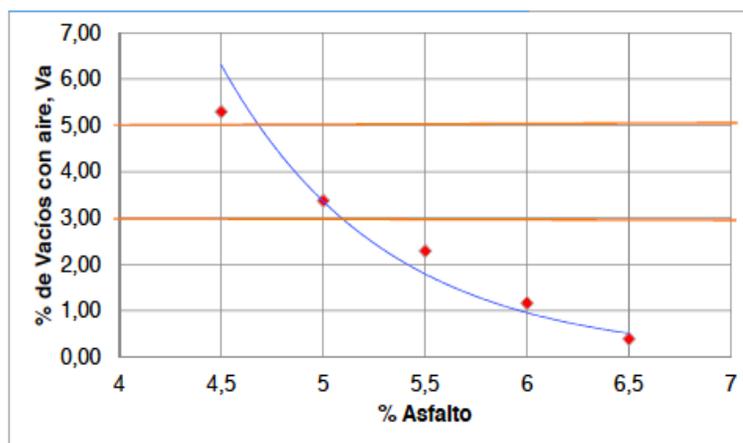
Gráfica N° 16. Flujo Vs. % de asfalto de las briquetas



Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

El flujo de las briquetas se debe encontrar entre 2 y 4 mm. En la gráfica N° 16, se puede observar que las briquetas fabricadas con un porcentaje de 4.5% de asfalto, están por debajo del requerimiento mínimo de 2 mm de flujo. Por otro lado, las briquetas con el 6% y 6.5% de asfalto se encuentran por encima del flujo máximo establecido de 4 mm, lo que descartaría estas briquetas de manera inexorable. Al analizar las briquetas de 5% y 5.5%, se observa que la primera está muy próxima al flujo máximo establecido, mientras que la segunda se encuentra en un estado "ideal" de 3 mm, es decir, el promedio del criterio de flujo para NT2 (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

Gráfica N°7. % de vacíos con aire Vs. % de asfalto de las briquetas.



Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

El porcentaje de vacíos con aire, Va, para la capa de rodadura y una categoría de tránsito NT2, se encuentra entre el 3% y 5%. En la gráfica N° 17, se puede observar que las briquetas construidas con 5.5%, 6% y 6.5% de asfalto se encuentran por debajo del mínimo rango establecido del 3%, lo que las descartaría en segunda estancia. Ahora bien, la briketa del 4.5% se encuentra por encima del rango máximo establecido del 5%, la única briketa que cumple con estos porcentajes es la de 5%. Está establecido que el porcentaje de vacíos en los

agregados minerales debe ser mayor del 13%. En la Grafica N°17, se puede observar que todas las briquetas, menos la de 6.5%, cumplen con la normatividad. El %VAM es importante en la medida que indica que tanto de estos vacíos puede ser llenado con aire o con asfalto. Claro está que si se llena con asfalto, el producto será una carpeta asfáltica más costosa. Sin embargo no es tan negativo, pues esto fija una adherencia entre el mineral y el asfalto, haciéndolo más compacto (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

En los gráficos anteriores, del N°12 al N°14, se puede observar que el porcentaje óptimo de asfalto es de 5%, ya que este se ajusta en todos los límites establecidos por la Tabla N°11.

Diseño Marshall modificado

Como se explicó anteriormente, se decidió tomar tres porcentajes de PET para ser utilizados como parcial de arena. Estos porcentajes fueron; 5%, 8% y 11%, a los cuales se les hizo la granulometría respectiva, mostrada en el punto anterior del presente trabajo (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

Las Tablas N°12 y N°13, muestran los equipos y cantidad de materiales necesarios para la realización de las briquetas con PET (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

Tabla N°2. Equipos y cantidad de asfalto utilizados para la fabricación de las briquetas con PET.

Equipos utilizados	Cantidad de asfalto (g)	Número de muestras
Moldeador de probetas		
Extractor de probetas		
Martillo compactador	540	9
Prensa		
Medidor de estabilidad		
Medidor de deformación		

Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

Tabla N°3. Cantidad de PET por porcentaje para el diseño de las mezclas.

Cantidad PET Parcial de Arena	
Porcentaje	(g)
5%	512,4
8%	819,9
11%	1127,4
Total	2459,7

Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

Como se dijo anteriormente, el porcentaje óptimo de asfalto encontrado fue 5%. De acuerdo a esto y a cada porcentaje de PET, se realizó una relación de pesos y de volumen para cada briqueta. En las Tablas 14 a la 17 se puede observar esta relación, incluyendo la de la mezcla sin PET como reemplazo de arena. Se observa que a medida que el porcentaje de PET aumenta, el volumen de mezcla asfáltica es mayor para una briqueta de 1.200 g. Sin embargo, para la preparación de las probetas se tuvo en cuenta el peso en gramos de cada uno de los componentes de la mezcla (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

Tabla N°4. Relación de peso y volumen de la briqueta con 5% de asfalto.

Material	Densidad (g/cm ³)	% Volumen	Volumen ocupado (cm ³)	Peso (g)
Asfalto	1,02	5,00	23,25	23,72
PET	-	-	-	-
Agregado	2,76	91,62	426,03	1.175,85
Vacios	-	3,38	15,72	-
Total		100,00	465,00	1.200

Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

Tabla N°5. Relación de peso y volumen de la briqueta con reemplazo de arena con 5% de PET.

Material	Densidad (g/cm ³)	% Volumen	Reemplazo parcial del agregado (5% de PET) (%)	Volumen ocupado (cm ³)	Peso (g)
Asfalto	1,02	5,00	5,00	23,85	24,33
PET	1,38	-	4,58	21,85	30,15
Agregado	2,76	91,62	87,04	415,18	1.145,89
Vacios	-	3,38	3,38	16,12	-
Total		100,00	100,00	477,00	1.200

Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

Tabla N°6. Relación de peso y volumen de la briqueta con reemplazo de arena con 8% de PET.

Material	Densidad (g/cm ³)	% Volumen	Reemplazo parcial del agregado (8% de PET) (%)	Volumen ocupado (cm ³)	Peso (g)
Asfalto	1,02	5,00	5,00	24,20	24,68
PET	1,38	-	7,33	35,48	48,96
Agregado	2,76	91,62	84,29	407,97	1.125,98
Vacios	-	3,38	3,38	16,36	-
Total		100,00	100,00	484,00	1.200

Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

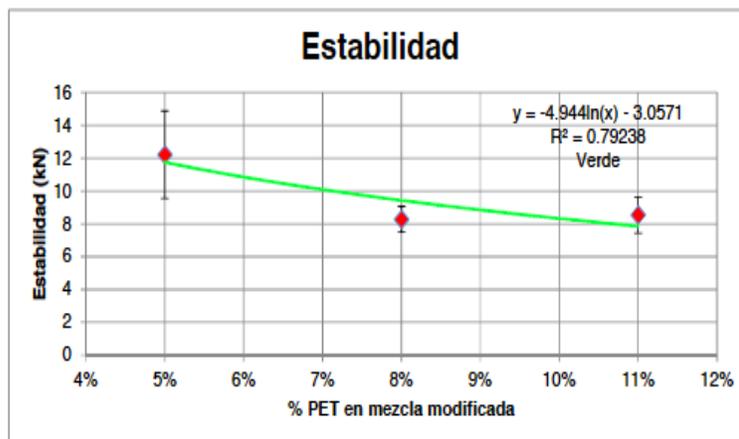
Tabla N°7. Relación de peso y volumen de la briqueta con reemplazo de arena con 11% de PET

Material	Densidad (g/cm ³)	% Volumen	Reemplazo parcial del agregado (11% de PET) (%)	Volumen ocupado (cm ³)	Peso (g)
Asfalto	1,02	5,00	5,00	24,58	25,07
PET	1,38	-	10,08	49,53	68,36
Agregado	2,76	91,62	81,54	400,78	1.106,15
Vacios	-	3,38	3,38	16,61	-
Total		100,00	100,00	491,50	1.200

Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

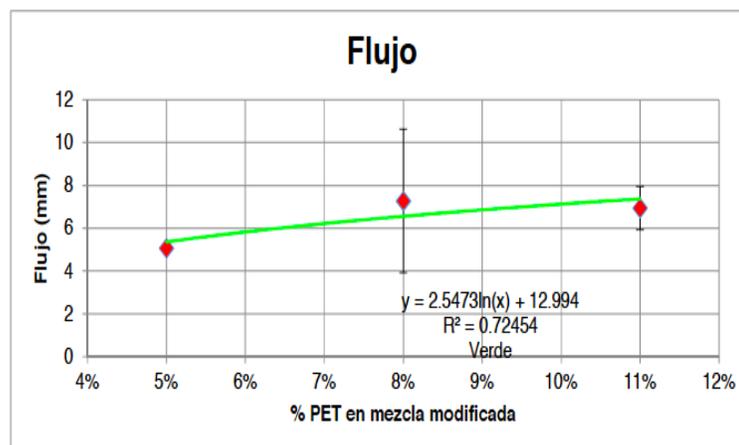
Las gráficas N°18 y N°19 muestran la estabilidad y el flujo, obtenidos inicialmente en el laboratorio, para cada uno de los porcentajes de PET utilizados como parcial de arena.

Gráfica N°8. Estabilidad obtenida por cada porcentaje de PET.



Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

Gráfica N°9. Flujo obtenido por cada porcentaje de PET.



Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

Análisis de resultados (Análisis de pruebas de asfaltos).

Inicialmente se analiza la estabilidad de las briquetas modificadas con PET. Se observa en la Figura 27 que la estabilidad disminuye a medida que la cantidad de porcentaje de PET aumenta. Este resultado puede ser por varios motivos (Vitela, Javeriana Cali, 2014):

- *No existe compatibilidad entre la mezcla asfáltica tradicional y la mezcla asfáltica modificada con PET (Vitela, Javeriana Cali, 2014)*

- *Al tratarse de módulos de elasticidad distintos, es decir, rigideces distintas, el comportamiento no es homogéneo del todo el material y se altere el valor de estabilidad (Vitela, Javeriana Cali, 2014).*

Además, se tiene que, según el artículo 450 de INVIAS, la estabilidad mínima es de 750 kg para un nivel de tránsito NT2. En la Grafica N°18, se observa que en todas las mezclas modificadas la estabilidad está por encima de la mínima establecida por la norma, lo que indica que cumple con un criterio de diseño de la mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

La Grafica N°18, muestra las barras de error de las estabilidades para cada porcentaje de PET, de acuerdo a la desviación estándar. Se puede notar que la estabilidad para 5% de PET tiene una desviación estándar mucho mayor que la estabilidad para los otros porcentajes de PET. De la misma manera se observa que la mezcla modificada con 11% de PET puede tomar los mismos valores que la mezcla modificada con 8% de PET, ya que presenta una desviación estándar mayor (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

Por otro lado, se tiene el flujo. El plástico es conocido por la capacidad de deformación que tiene antes de romperse el material. El módulo de elasticidad de un plástico debe ser

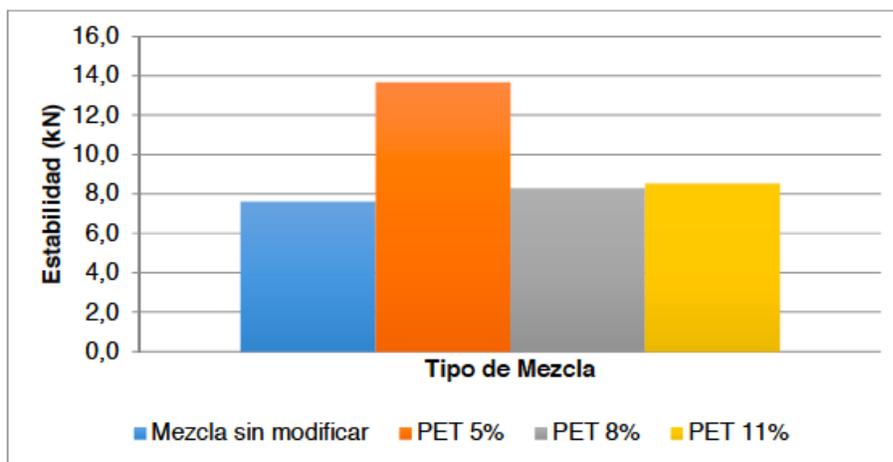
menor al de un acero, por ejemplo, se necesita menos esfuerzo para lograr grandes deformaciones. Aparte de eso, los resultados expuestos en la Figura 28 muestran resultados lógicos a la incorporación de un material más dúctil a la mezcla tradicional. Sin embargo, deformaciones excesivas, sin recuperación elástica son un riesgo en un material que está sujeto a cargas de tránsito. Beer, Ferdinand⁸⁴ dice que "una carga dada puede repetirse muchas veces, siempre y cuando los esfuerzos permanezcan dentro del rango elástico. Tal conclusión es correcta para cargas que se repiten unas cuantas docenas o aun centenares de veces. Sin embargo, como se verá, no es correcto cuando las cargas se repiten millares o millones de veces. En tales casos, la fractura ocurrirá aun cuando el esfuerzo sea mucho más bajo que la resistencia estática a la fractura". Teniendo en cuenta que las cargas se tratan de tránsito, el flujo debe ser limitado (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

En la Grafica N°18, se puede observar que existe una mejora sustancial de la estabilidad de la mezcla con PET con respecto a la mezcla sin modificar. Midiendo las distancias relativas con respecto a la mezcla sin modificar, se encuentra una mejora del 44% con PET al 5%, del 8% con PET al 9% y del 12% con PET al 11%. Esta mejora sustancial, se ve reflejada en una mayor rigidez por parte de la mezcla modificada (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

En la Grafica N°19, se observa un aumento considerable en el flujo de la mezcla a medida que hay un incremento en el porcentaje de PET. Según el artículo 450 del INVIAS, solo la mezcla sin modificar cumple con el criterio de flujo, lo que pone en duda cualquier posibilidad de diseño de mezcla asfáltica en caliente por el método Marshall, pues si estos

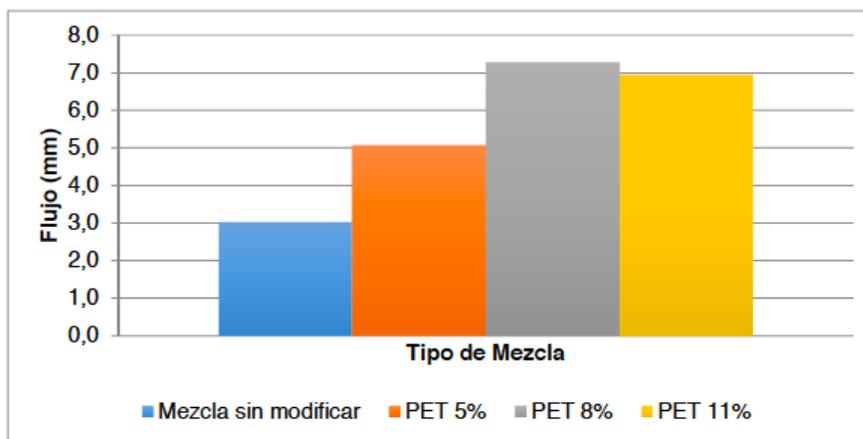
resultados persisten, el flujo por tensión de la carpeta asfáltica con PET es excesivo frente a una mezcla sin modificar (Vitela, Javeriana Cali, 2014).

Gráfica N°10. Comparación de las estabilidades entre las briquetas sin modificar y las briquetas modificadas con PET.



Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)

Gráfica N°11. Comparación de los flujos entre las briquetas sin modificar y las briquetas modificadas con PET.



Fuente: (Vitela, Javeriana Cali, 2014)