



**Estudio de viabilidad para el aprovechamiento del gránulo de caucho reciclado (GCR) procedente de neumáticos usados, para reparar las vías tipo locales, localidad de Engativá, Bogotá D.C.**

**Lady Bibiana Ciprian Ortiz  
Kevin David Bejarano Diaz**

**Profesor Instructor Laura Milena Cala Cristancho**

**Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca  
Facultad de Administración y Economía  
Programa de Administración de Empresas Comerciales**

**2023**

Tabla de contenido

<b>RESUMEN</b> .....	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
OBJETIVO GENERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>ESTADO DEL ARTE</b> .....	<b>14</b>
MARCO TEÓRICO.....	15
MARCO CONCEPTUAL.....	18
MARCO LEGAL .....	19
MARCO GEOGRÁFICO .....	21
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>23</b>
ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	23
DISEÑO MUESTRAL.....	23
TIPO DE MUESTREO: MUESTREO ALEATORIO. ....	24
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	25
<i>Registro fotográfico y entrevista</i> .....	25
FASES DE INVESTIGACIÓN .....	28

**ANÁLISIS DE RESULTADOS ..... 29**

PRINCIPALES FUENTES DE RECOLECCIÓN, PROCESOS DE GESTIÓN Y DISPOSICIÓN DE LLANTAS  
USADAS EN LA LOCALIDAD Y ZONAS ALEDAÑAS. .... 29

PROCESOS Y COSTOS DE LA TRANSFORMACIÓN DE LLANTAS USADAS EN GCR Y SU  
IMPLEMENTACIÓN EN LA REPARACIÓN DE LAS VÍAS DE LA LOCALIDAD ..... 33

ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES PARA EL GCR COMO  
ALTERNATIVA PARA LA REPARACIÓN DE LA MALLA VIAL DE LA LOCALIDAD DE ENGATIVÁ..... 35

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. .... 37**

**BIBLIOGRAFÍA..... 40**

**ANEXOS ..... 44**

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1</b> <i>Composición de un neumático</i> .....	15
<b>Figura 2</b> <i>Gránulos de caucho</i> .....	16
<b>Figura 3</b> <i>Ubicación geográfica de Bogotá</i> .....	21
<b>Figura 4</b> <i>Ubicación geográfica, localidad de Engativá</i> .....	22
<b>Figura 5</b> <i>Talleres y Montallantas ubicados en la localidad de Engativá</i> .....	24
<b>Figura 6</b> <i>Registro fotográfico vías locales barrio Faena Carrera 120 con calle 68</i> .....	25
<b>Figura 7</b> <i>Registro fotográfico vías locales barrio Faena Calle 69 con carrera 119</i> .....	26
<b>Figura 8</b> <i>Registro fotográfico vías locales barrio Faena Calle 68 con carrera 119a</i> ... ..	26
<b>Figura 9</b> <i>Registro fotográfico vías locales barrio Faena fotográfico Calle 69 con carrera 120</i> .....	27
<b>Figura 10</b> <i>Fachada Montallantas La Estación</i> .....	30
<b>Figura 11</b> <i>Fachada montallantas Centro de Lubricación Montallantas Automático</i> .....	30
<b>Figura 12</b> <i>Puntos de Posconsumo de llantas usadas en la ciudad de Bogotá</i> .....	32

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Normativa legal vigente para reciclaje de llantas en Colombia y Bogotá. ....</i>	20
<b>Tabla 2</b> <i>Fases de investigación. ....</i>	28
<b>Tabla 3</b> <i>Presupuesto de estructura de pavimento con mezcla asfáltica convencional ...</i>	34
<b>Tabla 4</b> <i>Presupuesto de estructura de pavimento con mezcla asfáltica GCR. ....</i>	34

### Resumen

En un contexto global en el cual la sostenibilidad y la gestión responsable de los recursos son prioridades ineludibles, el reciclaje y reutilización de materiales desempeñan un papel crucial en la construcción de un futuro más sostenible y eficiente con el cual se cambie el pensamiento consumista y se generen ideas de negocio más amigables con el medio ambiente buscando no solo el bienestar de las actuales generaciones sino las futuras. En este sentido, el presente trabajo se enfoca en el estudio de viabilidad del aprovechamiento del Gránulo de Caucho Reciclado (GCR) obtenido de neumáticos en desuso, como una alternativa innovadora y eco amigable para la reparación y mejora de las vías locales. Este trabajo se propone analizar detalladamente los aspectos técnicos, económicos y ambientales relacionados con la implementación del GCR en la reparación de vías locales. Teniendo un enfoque que integra economía y gestión ambiental, se pretende evaluar la viabilidad y los beneficios potenciales de esta solución por medio de la investigación y documentación con otros trabajos de grado, con el propósito de realizar el desarrollo del objetivo principal para este documento desde un enfoque cualitativo, además se delimitó la población con la que se realizará la aplicación de las técnicas de recolección seleccionadas, para así finalmente desarrollar las fases de investigación por medio de la realización de las actividades propuestas para lograr tener el alcance de los objetivos secundarios, con estos se definirá la factibilidad realizando las conclusiones y recomendaciones necesarias.

*Palabras clave: Gránulo de Caucho Reciclado, Neumáticos Usados, Vías Locales, Sostenibilidad, Economía Circular.*

### Abstract

In a global context in which sustainability and responsible management of resources are unavoidable priorities, the recycling and reuse of materials play a crucial role in building a more sustainable and efficient future. A future which consumer (consumerist) thinking is changed and generate business ideas that are more environmentally friendly, seeking not only the well-being of current generations but also future ones. In this sense, this working paper focuses on the feasibility study of the use of Recycled Rubber Granules (RCG) obtained from discarded tires, as an innovative and eco-friendly alternative for the repair and improvement of local roads. This work aims to analyze in detail the technical, economic and environmental aspects related to the implementation of the RCG in the repair of local roads. Having an approach that integrates economics and environmental management, the aim is to evaluate the viability and potential benefits of this solution. This is achieved through research and documentation with other degree works, in order to carry out the development of the main objective of this document from a qualitative point of view. In addition, the population with which the application of the selected collection techniques will be carried out was demark. This was to develop the research phases by carrying out the proposed activities to achieve the secondary objectives, with these the feasibility will be defined, drawing the necessary conclusions and recommendations.

*Keywords: Recycled Rubber Granules, used tires, local roads, sustainability, circular economy.*

### **Introducción**

En Bogotá, al igual que en otras grandes ciudades, se enfrenta un serio problema con la disposición final de los neumáticos, los cuales ocupan áreas que no cumplen con las normas ambientales. En muchos casos, estos son quemados al aire libre, emitiendo gases contaminantes como dióxido de azufre y monóxido de carbono, o son enterrados o almacenados de manera inapropiada al considerarse residuos sólidos. Esto conlleva a la proliferación de vectores como roedores, moscas y mosquitos debido a la acumulación de agua en estos objetos, además de incrementar el riesgo de incendios, deslizamientos y afecciones visuales negativas.

Ante el evidente impacto ambiental negativo causado por la incorrecta disposición de los neumáticos a lo largo de los años en Bogotá, entidades distritales como la secretaría del medio ambiente han propuesto diversas alternativas de aprovechamiento y reutilización, como la incorporación del Granulo de Caucho Reciclado (GCR) en mezclas asfálticas para la construcción y restitución a la infraestructura vial. Estas mezclas presentan ventajas tales como mayor resistencia al envejecimiento, comportamiento elástico mejorado y mayor durabilidad frente a altos volúmenes de tráfico.

Por ello, en los últimos años los problemas de movilidad han dejado de ser un tema sectorial para convertirse en un desafío estructural a futuro. El crecimiento en el uso de vehículos particulares, ante la falta de un sistema de transporte público seguro, eficiente y de calidad en Bogotá, subraya la necesidad de construir una red vial más eficaz y duradera. Es aquí donde surge el GCR como una alternativa fiable, eficiente y resistente, que garantiza una mayor vida útil y resistencia prolongada contra deformaciones y fisuras en comparación con las mezclas asfálticas convencionales.



Por tanto, el objetivo de este trabajo es recopilar información sobre la incorporación del GCR proveniente de neumáticos como un modificador en la mezcla asfáltica, considerando las viabilidades económicas que ofrece el uso de la mezcla asfáltica modificada en las vías tipo local de la localidad de Engativá en la ciudad de Bogotá.

### Problema de Investigación

Según el artículo End-of-life tire management: a critical review la industria del neumático sostenible se centra en la conciencia ambiental y social la gestión de los neumáticos en desuso representa un desafío ambiental global ya que estos llevan a problemas de contaminación en el aire, agua y suelo. De esto han nacido alternativas de transformación de estos desechos como una fuente de materias primas para crear otros productos que sean más amigables con el entorno y ecológicamente responsables (Dabic-Miletic et al (2021).

En un ámbito local como en Bogotá la contaminación ha alcanzado niveles alarmantes debido al aumento del uso de vehículos según investigaciones realizadas.

La concentración media anual de PM<sub>2,5</sub> estimada para el 2021 en Bogotá fue de 13,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , más del doble si se tiene en cuenta los parámetros de calidad del aire recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Farrow et al., 2022, p.1).

El aumento de vehículos y la mala disposición de las llantas que cumplen su vida útil ha hecho que localidades como Antonio Nariño, Rafael Uribe Uribe, Puente Aranda, Barrios Unidos, Suba, Ciudad Bolívar y Kennedy sean donde más se desechan los neumáticos usados y a su vez son quemadas sin ningún control ambiental (Bohórquez y Ballesteros, 2016) generando contaminación del aire debido a la liberación de gases tóxicos, aunque la localidad de Engativá no genera estos residuos, un problema que se puede evidenciar es el deterioro en las vías locales por el aumento de vehículos que circulan diariamente en la localidad con lo cual se afecta directamente las vías que no están creadas para soportar la cantidad de vehículos que diariamente transitan por las mismas.

Engativá respecto a su malla vial cuenta con 1374 km de los cuales 703 km son vías locales, de estos el 55% de las vías de la localidad están en buen estado, el 30% en un estado regular y el restante 15% en mal estado (Veeduría Distrital, 2019), y que a la fecha solo se han intervenido 41 kms de los 1374 lo cual sigue generando problemas de movilidad en sus 878.434 habitantes, según datos de la Alcaldía Local De Engativá (2020).

Por tal motivo se pretende desarrollar estudio de viabilidad para el Grano de Caucho Reciclado (GCR), buscando dos objetivos mitigar el impacto ambiental por el desecho inadecuado de los neumáticos y que a su vez se pueda contribuir con el mejoramiento de la malla vial local de la localidad por medio de un modelo de negocio para el reciclaje de las llantas usadas en el marco de economía circular.

### **Pregunta de Investigación**

¿Cuál es la viabilidad de utilizar el gránulo de caucho GRC para la pavimentación de vías tipo local en la localidad de Engativá?

### **Justificación**

Este estudio se realizará para investigar la viabilidad de poder mejorar las vías tipo locales que se encuentran en mal estado en la localidad de Engativá, según Semana (2021) aproximadamente el 21% de las vías locales en Bogotá están en pésimas condiciones, lo cual en la mayoría de las ocasiones es un causante de accidentes e incluso de daño de vehículos de quienes transiten estas calles a diario.

Debido a esto nace la idea de un estudio de viabilidad el cual busca mitigar este problema a través de la pavimentación de estas vías usando el granulo de caucho procedente de las llantas recicladas como uno de los principales insumos, y así apuntar a una economía circular, la cual

consiste en la recolección de estas llantas y la transformación de estas para convertirlas en granulo de caucho.

Esto genera que la producción y consumo de estas llantas sea más sostenible y que las materias primas de este producto se mantengan por mucho más tiempo en un ciclo productivo; además, a su vez se logrará aprovechar con más frecuencia debido a la alta demanda que hay de vías en mal estado, adicionalmente se estarían generando menos residuos en toda la ciudad al poder darles un segundo uso a estas llantas.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Analizar la viabilidad del uso del gránulo de caucho reciclado como alternativa de manejo de neumáticos usados, para la reparación de las vías tipo locales de la localidad de Engativá.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar las principales fuentes de recolección, procesos de gestión y disposición de llantas usadas en la localidad y zonas aledañas.
- Determinar los costos de la transformación de llantas usadas en GCR y su implementación en la reparación de las vías de la localidad.
- Analizar los aspectos técnicos, económicos y ambientales para considerar el GCR como alternativa para la reparación de la malla vial de la Localidad de Engativá.

### Estado del arte

Según el artículo Aplicaciones De Caucho Reciclado de Peláez et al. (2017) la producción de desechos de caucho ha generado una inquietud a nivel mundial debido a su repercusión negativa tanto en el entorno natural como en la salud de las personas (p. 27), al conocer esta problemática que genera la mala disposición de este material se ha visto como una necesidad que los gobiernos implementan regulaciones más estrictas orientadas a disminuir la contaminación generada por este tipo de residuos, debido a que a nivel mundial, se estima que mil millones de neumáticos llegan al final de su vida útil cada año (Uriarte-Miranda et al., 2018).

En Colombia, se han implementado políticas públicas para el manejo de este material, ya que, según datos de la Estrategia Nacional de Economía Circular, su consumo para 2018 ascendió a 17,9 millones de unidades (Minambiente, 2019).

De acuerdo al Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2016) el granulo de caucho permite una mejora en las mezclas asfálticas, con lo cual se logró una mayor calidad del concreto asfáltico, para el 2016 fueron usados para el mantenimiento vial de 800 kilómetros en diferentes departamentos del país por medio del programa de Vías para la Equidad implementado para ese momento el cual utilizó cerca de 2.260 llantas equivalente a 45 toneladas, lo cual indica que el desperdicio que genera este material si puede ser aprovechado ya que anualmente según datos aportados por el mismo instituto cerca de 5 millones de llantas salen de circulación en el país.

El artículo Logística inversa de llantas usadas en Colombia da un punto de vista que debe ser tomado en cuenta ya que “si bien las llantas usadas no son consideradas en Colombia un residuo peligroso requieren retornar a los productores, y así favorecer el reciclaje,

aprovechándose como agregado asfáltico o en reencauche evitando su quema en espacios abiertos” (León R et al., 2022, p.6).

### Marco teórico

Según Heras (2010), el neumático fue inventado por el escocés R.W. Thomson, este patentó su idea en 1845, pero hasta 50 años después se fundó una industria moderna la cual empezaría a fabricarlos, este hecho lo llevó a cabo el irlandés J.B. Dunlop.

Gracias a sus componentes y a la flexibilidad que poseen los neumáticos estos son capaces de amortiguar los golpes que puede recibir por los obstáculos que se encuentran en las carreteras, lo cual lo convierte en uno de los elementos de suspensión que tienen los vehículos. Los neumáticos vienen diseñados de tal forma que ayudan al vehículo a mantener su estabilidad, así como impedir un deslizamiento ya sea por el agua o algún líquido que haya en las vías como se observa en la figura 1.

### Figura 1

#### *Composición de un neumático*



Tomado de: Tomé, C. (2017, 13 diciembre). *La potencia sin control no sirve de nada*. Cuaderno de Cultura

Científica. <https://culturacientifica.com/2017/12/14/la-potencia-sin-control-no-sirve-nada/>

Según Correa Lesmes, C. A. (2018) el gránulo de caucho proveniente de llantas usadas posee una variedad de ventajas gracias a sus diferentes formas de utilización en donde se pueden ver involucradas pistas de atletismo, pisos de parques, adicionalmente este se puede mezclar con el material asfáltico utilizado para hacer carreteras, siendo aprovechadas nuevamente ya que generalmente estas llantas son desechadas de forma inadecuada en basureros o en las calles a cielo abierto. En la figura 2 se evidencia cómo se ve el gránulo de caucho luego de haber sido procesado por la máquina que tritura los neumáticos desechados.

## Figura 2

*Gránulos de caucho.*



Tomado de: Polvo de caucho / *Reciclemos llantas.* (s. f.). Reciclemos Llantas. <https://www.reciclemosllantas.com/>

En estos últimos años se ha podido evidenciar un incremento de neumáticos para vehículos hecho que ha generado una mayor cantidad de residuos de caucho a nivel mundial viendo de esta forma el uso del Granulo de Caucho Reciclado (GCR) en pavimentos asfálticos como una forma de reciclaje y negocio ya que este mejorar el rendimiento general, la economía y la sostenibilidad de los pavimentos debido a que varios estudios han indicado que el caucho de neumáticos reciclados puede reducir la deformación de los pavimentos y mejorar su resistencia, reduciendo los costos de construcción y mantenimiento del pavimento (Alfayez, S. A. et al., 2020).



El caucho se lleva utilizando desde la revolución industrial particularmente para la vulcanización, esta permitió generar grandes cantidades de caucho con una calidad alta. En 1994 el ingeniero George Tchobanoglous define “la gestión integral de residuos sólidos como la selección y aplicación de tecnologías, programas de gestión y técnicas ideales que cumplen metas y objetivos específicos de manejos de residuos donde se gestiona su reciclado, transformación, reducción, reutilización y vertido” (Como se cita en Sánchez Olguín, 2007, p. 37). A su vez, el Decreto 1713 de 2002 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, define:

La gestión integral de residuos (en adelante GIRS) como un conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final. (Congreso de la República, 2002, p. 3).

Finalmente en el libro Economía Ambiental (Labandeira et al., 2007) es la rama que se enfoca en examinar cómo la economía afecta el medio ambiente y subraya la relevancia del entorno ambiental en el ámbito económico, con el objeto de establecer un balance entre lo económico, lo social y lo ambientales, con lo cual podemos observar que se debe considerar como un aspecto importante en el desarrollo del trabajo ya que con esto se puede conocer cuál es el equilibrio que se quiere lograr con el reciclaje de las llantas y en el uso de la pavimentación de las vías.

## Marco Conceptual

De acuerdo con Agudelo-Cendales & Martínez-Gómez (2019) en su estudio definen el asfalto como:

Una sustancia oscura que se encuentra en estados líquido, semilíquido o sólido. Proviene generalmente de hidrocarburos de depósitos naturales y se obtiene por medio de la extracción o destilación de los remanentes del petróleo crudo y suele utilizarse en la construcción de carreteras. (p.21)

Resultado de investigaciones, se puede crear asfalto modificado adicionando polímeros o grano de caucho reciclado mejorando sus propiedades como la flexibilidad, reducen daños ante la temperatura, humedad y oxidación.

Este gránulo puede adquirirse de llantas que han finalizado su uso según su ciclo de duración y pasan a convertirse en residuo sólido que según su definición son “los materiales desechados tras finalizar su vida útil, y que por lo general estos carecen de valor económico, pero que en su mayoría son aptos para aprovecharse o transformarse con un correcto reciclado” (Ministerio de Ambiente, 2018, párr. 2), de igual forma requieren de un manejo el cual fomente el aprovechamiento del material resultante como lo es el GCR que en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, este material puede reincorporarse al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, generando beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos (Ley 1503 de 2003).

Una forma en la cual se puede disponer de las llantas que ya cumplieron su ciclo es implementando un modelo de economía circular por el cual se quiere lograr que los productos

mantengan su máxima utilidad logrando generar un ciclo de desarrollo continuo que preserve y mejore el capital natural, y minimiza los riesgos del sistema (Ellen Macarthur Foundation, s.f).

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible formuló en el 2018 la estrategia nacional de la economía circular la cual pretende cambiar los modelos de desarrollo con la cual se dé un enfoque de eficacia en el uso de los recursos y el uso circular de los materiales buscando nuevos modelos de negocio.

### **Marco Legal**

En el marco legal se pueden observar las normativas vigentes con la cual se basará el desarrollo de este trabajo, se consideró importante abordar políticas tanto nacionales como distritales debido a que estas pretenden minimizar el impacto negativo que estos residuos generan al medio ambiente y a la comunidad que tiene contacto con estas, en ellas se da pautas de cómo debe realizarse la disposición final de las llantas usadas tanto en Colombia como en Bogotá, como se puede observar en la tabla 2.

**Tabla 1**

*Normativa legal vigente para reciclaje de llantas en Colombia y Bogotá.*

<b>Normativa</b>	<b>Definición</b>
Resolución 1326 De 2017	Crea la obligación para que los fabricantes de neumáticos vendidos en el país presenten, ejecuten y mantengan al día Sistemas de Recolección y Manejo Ambiental de Neumáticos Usados, para prevenir el deterioro del medio ambiente (Res. 1326, art. 1, 2017)
Decreto 442 Del 2015	Determina las estrategias para el manejo de las llantas usadas en Bogotá (Dec. 442 de 2015)
Decreto 265 Del 2016	Busca fomentar el aprovechamiento de las llantas usadas, incrementando el uso de este material en obras de infraestructura de transporte en el Distrito Capital e implementando campañas que orientando a los consumidores sobre la correcta disposición final según los Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Neumáticos Usados (Dec. 265 de 2016).
Artículo 80 Constitución Política de Colombia.	Es responsabilidad del Estado preservar la variedad del entorno, prevenir y supervisar los elementos que causen daño al medio ambiente, y garantizar el derecho de cada individuo a disfrutar de un entorno saludable. (Cons. P. art 80, 1991).
Acuerdo 602 de 2015 Concejo de Bogotá, D.C.	Fomenta diversas opciones para la reutilización de neumáticos usados en el Distrito Capital, promoviendo la participación de los establecimientos comerciales o locales que se dediquen a proveer, cambiar y/o dar mantenimiento a los neumáticos buscando incorporarlos en el Sistema de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Neumáticos Usados. (Acu. 602. art 1.2015)
Circular 7 de 2013 Secretaría Distrital de Ambiente	Dicta lineamientos para el aprovechamiento de llantas y neumáticos usado, y llantas no conforme en el Distrito Capital. (Circular 07, 2013)
Resolución 2309 de 1986	Establece normativas referentes a la gestión, empleo, eliminación y transporte de desechos sólidos con características especiales (Res. 2309 de 1986)
La NTC 5384 de 2005 Directriz que proporciona información detallada sobre las condiciones que deben cumplirse para que una llanta sea elegible para el proceso de reencauche, así como los pasos involucrados en el tratamiento de neumáticos fuera de uso (ICONTEC, 2005).	

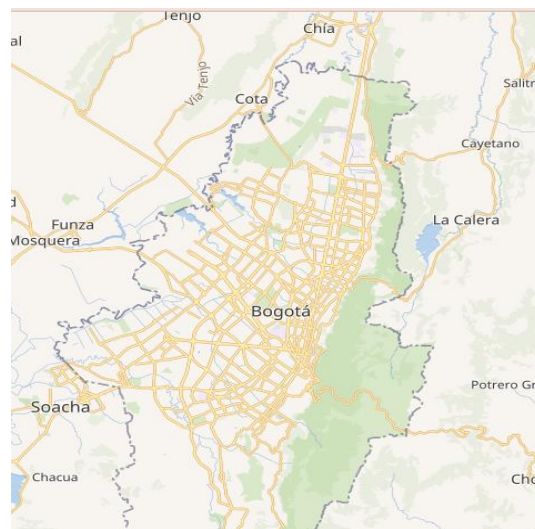
Nota: La anterior tabla muestra la normativa que se encuentra vigente para el reciclaje de llantas en el territorio nacional, se hizo una investigación tanto en la normativa que rige a nivel nacional como a nivel Bogotá. Tomado de: Elaboración propia.

### Marco geográfico

El espacio geográfico en el que se determinó llevar a cabo la investigación es la ciudad de Bogotá, más exactamente en la localidad de Engativá. Bogotá es la capital de Colombia y de Cundinamarca, está contiene 20 localidades donde cada una de estas tiene su propio alcalde el cual se denomina alcalde menor, la cual consta de una longitud de 33 km de norte a sur y 16 km de occidente a oriente. En la figura 3 se evidencia la posición geográfica de la ciudad de Bogotá.

### Figura 3

Ubicación geográfica de Bogotá



Tomado de: Google. (s.f.). [Mapa de Google Maps de la ciudad de Bogotá]. Recuperado el 10 de abril, 2023, de

[https://www.google.com/maps/place/Bogot%C3%A1/@4.6486206,-](https://www.google.com/maps/place/Bogot%C3%A1/@4.6486206,-74.2726242,11z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x8e3f9bfd2da6cb29:0x239d635520a33914!8m2!3d4.7109886!4d-74.072092!16zL20vMDFkenlj?entry=ttu)

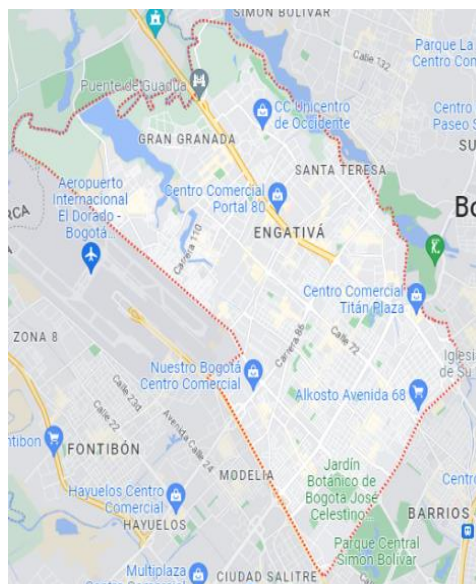
[74.2726242,11z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x8e3f9bfd2da6cb29:0x239d635520a33914!8m2!3d4.7109886!4d-](https://www.google.com/maps/place/Bogot%C3%A1/@4.6486206,-74.2726242,11z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x8e3f9bfd2da6cb29:0x239d635520a33914!8m2!3d4.7109886!4d-74.072092!16zL20vMDFkenlj?entry=ttu)

[74.072092!16zL20vMDFkenlj?entry=ttu](https://www.google.com/maps/place/Bogot%C3%A1/@4.6486206,-74.2726242,11z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x8e3f9bfd2da6cb29:0x239d635520a33914!8m2!3d4.7109886!4d-74.072092!16zL20vMDFkenlj?entry=ttu)

La localidad de Engativá se encuentra como la número 10 en Bogotá, se encuentra en el noroccidente de la ciudad y comparte sus límites con las localidades de Fontibón, Suba y Barrios Unidos, cuenta con aproximadamente 878.430 habitantes. En la figura 4 se evidencia la posición geográfica de la localidad de Engativá.

#### Figura 4

*Ubicación geográfica, localidad de Engativá*



Tomado de: Google. (s.f.). [Mapa de Google Maps de la localidad de Engativá de Bogotá]. Recuperado el 10 de abril, 2023, de <https://www.google.com/maps/place/Engativ%C3%A1,+Bogot%C3%A1/@4.6973096,-74.2663215,12z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x8e3f9ca931bb3685:0x777bc49f16df0ff4!8m2!3d4.7072598!4d-74.1094635!16zL20vMDIxc2Nk?entry=ttu>

## Metodología

### Enfoque y tipo de investigación

Para el desarrollo de esta investigación, está se hará bajo un enfoque cualitativo ya que este tipo de investigación permitirá recolectar datos no numéricos por medio de entrevistas, grupos para debates o técnicas de observación y observación participante y esta permite conocer la percepción general de las personas en un tema en particular.

Este se usará para poder determinar la viabilidad del aprovechamiento del granulo de caucho reciclado (GCR) con la finalidad de poder reparar las vías tipo locales de la localidad de Engativá. El tipo de investigación de acuerdo al propósito y la información de este documento se concluye que la investigación será del tipo descriptiva, debido a que Según Tamayo (2001), la investigación descriptiva “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos” (p. 46), y de esta definición se quiere lograr conocer si es viable este material para la reparación de las vías por medio de la recopilación de información acerca de cómo se recolectan las llantas usadas en los montallantas ubicados en la localidad.

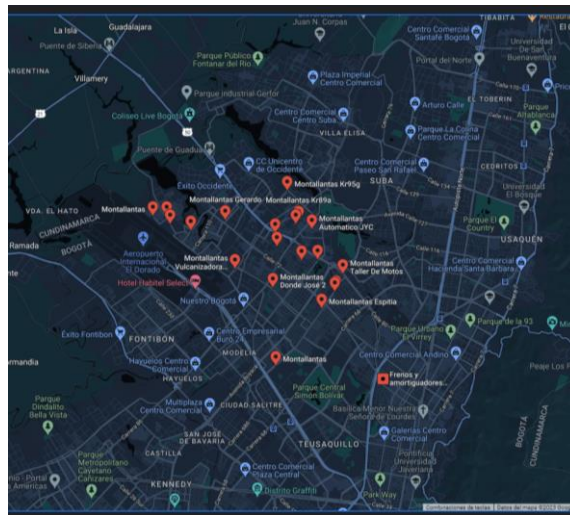
### Diseño Muestral

Como diseño muestral se tomará los talleres y montallantas ubicados en la Localidad de Engativá como lo muestra la imagen al final del párrafo, con los cuales se quiere conocer estos negocios que realizan con las llantas en desuso que recolectan, si son venden, se regalan a habitantes de calle, se acumulan se llevan a los centros de acopio o en las jornadas de Llantatón que organizan las entidades del Distrito o si son entregadas a empresas que recolectan este tipo

de desecho y conocer si les cobran o no por realizar esta acción; y por medio de esta información analizar si es viable realizar el objetivo propuesto en este documento.

### Figura 5

*Talleres y Montallantas ubicados en la localidad de Engativá.*



Tomado de: Google. (s.f.). [Mapa de Google Maps talleres y montallantas de la localidad de Engativá de Bogotá].

Recuperado el 16 de octubre de 2023

<https://www.google.com/maps/search/talleres+y+montallantas+localidad+de+engativa/@4.6747945,-74.1520014,13z?entry=tuu>

### Tipo de muestreo: Muestreo aleatorio.

Este muestreo se utiliza debido a que todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser elegidos para brindar información debido a que se dedican a la misma actividad con lo cual la información que sea recolectada cumpla con condiciones uniformes y representativas.

El estudio tendrá la variable independiente, así como la dependiente, la independiente por su parte ayudará a determinar que tanto impactará a la población y a los que se les aplique el muestreo. No obstante, la variable dependiente permitirá conocer el efecto que produjo la



variable independiente sobre el medio ambiente en la localidad. Estas dos variables están estrechamente relacionadas entre sí en esta investigación gracias a que lo que una de ellas haga afecta directamente a la otra.

### **Técnicas e instrumentos de recolección de información**

#### ***Registro fotográfico y entrevista***

Este registro fotográfico se llevó a cabo en un recorrido los días 12 y 13 de agosto del 2023 entre las calles 69 y 68 con carreras 123 a 118 de Bogotá, de allí se seleccionaron diferentes calles de la localidad de Engativá las cuales se encuentran bastante deterioradas, con lo cual se quería constatar si era necesario realizar el proceso de reparcho de estas vías como se puede observar en las siguientes imágenes tomadas.

#### **Figura 6**

*Registro fotográfico vías locales barrio Faena Carrera 120 con calle 68.*



Nota: Registro fotográfico Carrera 120 con calle 68 barrio la Faena localidad Engativá, se puede observar cómo la calle está con varios huecos y a su vez estos retienen aguas lluvias. Tomado de “elaboración propia”

**Figura 7**

*Registro fotográfico vías locales barrio Faena Calle 69 con carrera 119.*



Nota: Registro fotográfico Calle 69 con carrera 119 barrio la Faena localidad Engativá, se puede observar cómo la calle se encuentra con bastante deterioro. Tomado de “elaboración propia”

**Figura 8**

*Registro fotográfico vías locales barrio Faena Calle 68 con carrera 119a.*



Nota: Registro fotográfico Calle 68 con carrera 119a barrio la faena localidad Engativá, se observa como algunos habitantes han puesto diferentes materiales para poder reducir un poco el deterioro. Tomado de “elaboración propia”.

**Figura 9**

*Registro fotográfico vías locales barrio Faena fotográfico Calle 69 con carrera 120.*



Nota: Registro fotográfico Calle 69 con carrera 120 barrio la faena localidad Engativá, se observa como las aguas lluvias se empozan en los huecos los cuales no dejan que se drenen por la alcantarilla. Tomado de “elaboración propia”

Por otro lado, como otra fuente de recolección de información se realizó una encuesta a cinco montallantas aledaños a la zona con la cual se hicieron 6 preguntas las cuales tenían como fin conocer que información acerca del manejo que se le puede dar a este desecho después de acabar su vida útil, con esto se quería conocer la cantidad aproximada de llantas que se generan, la cual se encuentra en el anexo 1.

## Fases de investigación

A continuación, en la tabla 2 se relacionan cada una de las actividades desarrolladas para cada fase de investigación.

**Tabla 2**

*Fases de investigación.*

<b>Fase de investigación</b> <i>(de acuerdo con los objetivos)</i>	<b>Actividades por cada fase</b>
Fase 1. Identificar las principales fuentes de recolección, procesos de gestión y disposición de llantas usadas en la localidad y zonas aledañas.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocer las fuentes de generación de este desecho, como lo son los montallantas automotrices existentes en la localidad.</li> <li>2. Realizar una entrevista para obtener información específica sobre sus procesos de recolección, gestión y disposición de estas llantas usadas.</li> <li>3. Investigar cuántas jornadas de recolección de llantas usadas son realizadas por la Secretaría de Ambiente en la localidad y zonas aledañas y cuantas llantas son recolectadas en las mismas.</li> </ol>
Fase 2. Determinar los procesos, costos de la transformación de llantas usadas en GCR y su implementación en la reparación de las vías de la localidad.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Averiguar qué empresas en la ciudad realizan la gestión de recolección y transformación de llantas en granulo de caucho.</li> <li>2. Conocer si estas empresas cobran por el servicio de recolección de llantas a los comercios, ciudadanos, distribuidores y empresas, que generan este residuo.</li> <li>3. Realizar un proceso de documentación por medio de la búsqueda de trabajos que manejen la misma temática para validar si estos cuentan con los precios que pueden establecerse para la transformación de este material.</li> </ol>
Fase 3. Analizar los aspectos técnicos, económicos y ambientales para considerar el GCR como alternativa para la reparación de la malla vial de la Localidad de Engativá	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analizar la normativa ambiental existente respecto al tema de recolección y reciclaje de llantas.</li> <li>2. Conocer qué aspectos se deben tener en cuenta al momento de transformar estos productos por medio de empresas que realicen este proceso.</li> </ol>

Tomado de “Elaboración propia”.

### Análisis de Resultados

#### **Principales fuentes de recolección, procesos de gestión y disposición de llantas usadas en la localidad y zonas aledañas.**

De acuerdo con lo investigado para este documento, se pudo observar que en la Localidad de Engativá la mayoría de los residuos como lo son las llantas usadas son generadas por los montallantas locales que son a donde las personas que tienen automóviles o motos realizan los cambios de llantas cuando ya finalizan o están a punto de cumplir su vida útil.

También se observó que el mal manejo de las llantas en desuso de las localidades aledañas es también una fuente de estos desechos lo cual es un factor que genera contaminación en la toda la localidad y que a su vez también se convierte en un problema de salud pública debido a que estas llantas pueden albergar vectores como lo son zancudos o ratones que pueden enfermar a las poblaciones que convivan con estos residuos.

Con el fin de conocer cómo disponían de este desecho estos comercios se realizó una entrevista a 5 montallantas de la zona los cuales fueron elegidos de forma aleatoria, población para la recolección de información. Los talleres elegidos fueron montallantas Chucky's, montallantas 24 horas, Montallantas Grand Prix, Centro de Lubricación Montallantas Automático y montallantas la estación los cuales están ubicados entre la calle 64, 65, 67 con carreras 111c, 113a, 113b y 122 a quienes se les aplicó la entrevista.



**Figura 10**

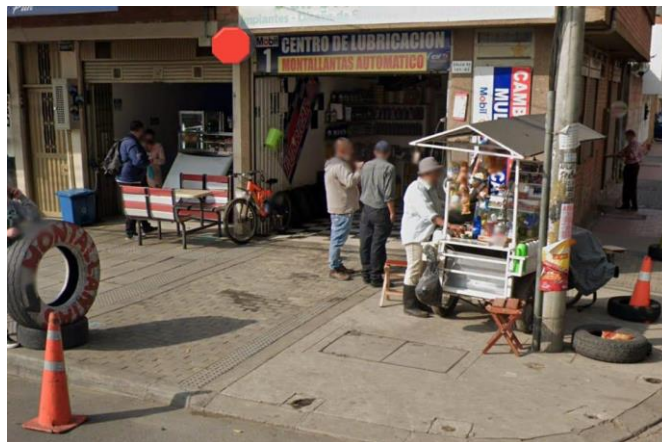
*Fachada Montallantas La Estación.*



Tomado de "Elaboración propia".

**Figura 11**

*Fachada montallantas Centro de Lubricación Montallantas Automático.*



Tomado de "Elaboración propia".

Con la aplicación de esta entrevista se pudo observar que en algunos de estos comercios si conocen y realizan una correcta disposición de las llantas por medio de la entrega de las mismas a entidades que desarrollan este proceso, pero que para su recolección les cobran un

valor dependiendo del tipo de llanta que vayan a entregar, y esto les implica un gasto en los que ellos deben incurrir esta información fue brindada por el señor Jose, en su montallantas La Estación, por tal motivo algunos prefieren conservarlas o regalarlas como fue el único caso en particular del señor Armando en el montallantas 24 horas. Lo que si no es muy común que realicen es darlas a los habitantes de calle, ya que tienen conocimientos que estas terminan en quemas de llantas para retirar los materiales que pueden vender generando contaminación al medio ambiente, mencionado por Jhon, quien fue uno de los entrevistados.

De otra parte, también se pudo conocer que en general las personas entrevistadas tienen cierto conocimiento en que estas llantas se pueden reciclar y volver a usar, pero que también a su vez el GCR se convierte en un aditamento utilizado en varios productos como el asfalto.

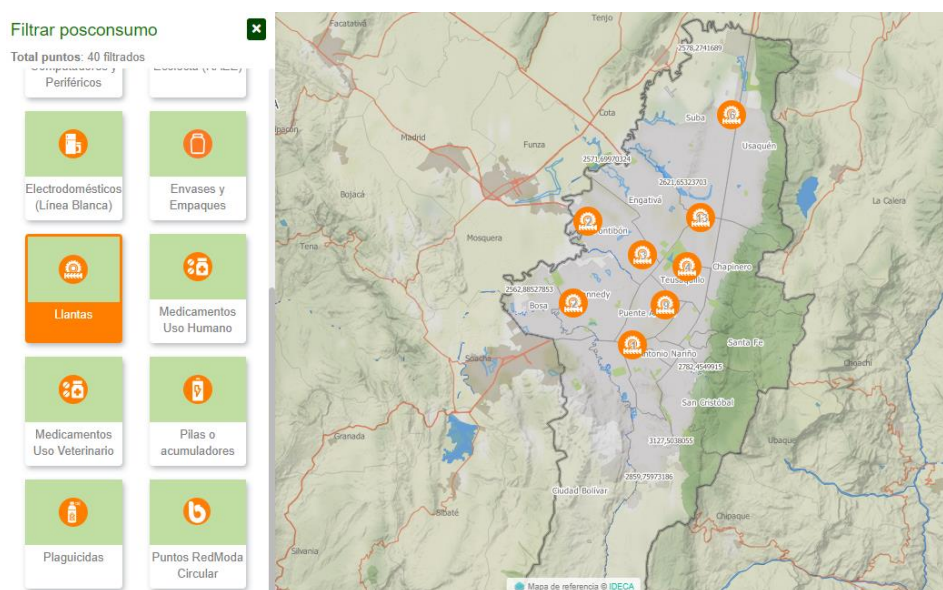
También se quiso conocer cuántas llantas aproximadamente se pueden recolectar en las jornadas denominadas Llantatón que son realizadas por la Secretaría Distrital de Ambiente, Movilidad y Gobierno, las alcaldías locales, el Dadep y la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos y se encontró en un artículo de El Tiempo (Castillo, 2022) que en el 2021 en Engativá se recolectaron 970 llantas en desuso y en localidades colindantes como Barrios Unidos y Suba 777 y 368 respectivamente.

Con esta información se puede observar que estas jornadas con las cuales se puede realizar una recolección más amplia de este material son escasas debido a que primero se dan en puntos específicos de las localidades a las cuales van estas entidades y se hacen en horarios que estos comercios no pueden asistir normalmente ya que por ejemplo las siguientes jornadas de recolección que se realizaron en localidades como Fontibón y Usme fueron realizadas de 8:00 a. m. a 1:00 p. m. y solo se hacen en ciertos puntos específicos lo cual dificulta que las personas dueñas de los montallantas llevar estos residuos.

Por medio de esta actividad también se conoció que en la ciudad existen puntos dispuestos por la Secretaría Distrital de Ambiente, los cuales son llamados puntos de posconsumo los cuales 40 son dispuestos para la recolección de llantas, pero ninguno de estos se encuentra en la localidad de Engativá, ya que la mayoría son puntos de recolección de medicamentos, pilas y otros tipos de residuos.

## Figura 12

*Puntos de Posconsumo de llantas usadas en la ciudad de Bogotá.*



Nota: la imagen anterior muestra los puntos de posconsumo para llantas implementados en la ciudad, estos puntos sirven para la recolección de neumáticos que ya cumplieron su vida útil. Tomado de la Secretaría de Ambiente. (s.f). [Visor Geográfico Ambiental]. Recuperado el 16 de octubre, 2023, de <https://visorgeo.ambientebogota.gov.co/posconsumo/minimo/?lon=-74.088180&lat=4.661370&z=11&l=5:1|31:1>



**Procesos y costos de la transformación de llantas usadas en GCR y su implementación en la reparación de las vías de la localidad**

Para determinar esta actividad se hizo necesario realizar la búsqueda de la información con empresas que realizan el proceso de transformación de las llantas en granulo de caucho para que de esta forma se pudiera conocer los costos aproximados en los que se incurre al hacer este proceso. Se escribió correos a las empresas Rueda verde y Eco Tire Green SAS ambas ubicadas en Bogotá, pero no se obtuvo respuesta de ninguna de las dos con lo cual en esta parte de la actividad para lograr el objetivo no fue positiva ya que esta información era importante para cumplir esta parte.

Por otra parte, después de haber aplicado la entrevista a los 5 talleres estos informaron que el proceso de recolección es cobrado por las entidades que recolectan las llantas, lo que para ellos es algo que consideran costoso ya que les cobran según el tipo de llanta que ellos entreguen y los precios varían aproximadamente entre 2.000 COP si son llantas de rin 13 a 15, 5.000 COP si son rin 16 a 19, y 10.000 COP si son llantas más grandes de rin 20 en adelante para llantas de carros esta información fue brindada por los entrevistados y verificada por los otros entrevistados, información que fue de ayuda al momento de desarrollar esta actividad porque se pudo observar que estas personas si conocen algunas entidades que recolectan las llantas y para qué propósito son usadas y a pesar de parecerles costoso porque suelen acumular mucho de este material, las entregan confiados que esto no generará ningún problema ambiental que si podría pasar al ser regaladas o simplemente acumuladas y mal manejadas.

También como actividad para desarrollar el propósito se realizó la documentación con autores y trabajos que abordan una temática similar para que con estos se pudiera dar a conocer

el proceso de transformación y la implementación que este material tiene para la reparación de las vías con lo cual basándose en la información recolectada se pudo observar que existe una diferencia respecto al uso de las mezclas asfálticas convencionales vs las mezclas que utilizan el GCR como se observa en las siguientes tablas:

**Tabla 3**

*Presupuesto de estructura de pavimento con mezcla asfáltica convencional*

PRESUPUESTO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL						
Actividad	Espesor (m)	Longitud (m)	Ancho (m)	Volumen	Valor Unit	Valor Total
MD12 Convencional	0.12	150	7.75	139.5	\$ 633,660.00	\$ 88,395,570.00
Base granular	0.25	150	7.75	290.625	\$ 113,746.00	\$ 33,057,431.25
Rajón	0.4	150	7.75	465	\$ 78,544.00	\$ 36,522,960.00
						<b>\$ 157,975,961.25</b>

Tomado de “Análisis de viabilidad económica y financiera para el empleo de mezclas modificadas con grano de caucho reciclado en la ciudad de Bogotá localidad de Fontibón.”, por Hernández-López, K y Vega-Barreto, F., 2022, (<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/6b6bc03e-9147-417a-9377-b83598fd8240>)

**Tabla 4**

*Presupuesto de estructura de pavimento con mezcla asfáltica GCR.*

PRESUPUESTO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CON MEZCLA ASFALTICA GCR						
Actividad	Espesor (m)	Longitud (m)	Ancho (m)	Volumen	Valor Unit	Valor Total
MGCR Rodadura	0.1	150	7.75	116.25	\$ 920,033.00	\$ 106,953,836.25
Base granular	0.25	150	7.75	290.625	\$ 113,746.00	\$ 33,057,431.25
Rajón	0.4	150	7.75	465	\$ 78,544.00	\$ 36,522,960.00
						<b>\$ 176,534,227.50</b>

Tomado de “Análisis de viabilidad económica y financiera para el empleo de mezclas modificadas con grano de caucho reciclado en la ciudad de Bogotá localidad de Fontibón.”, por Hernández-López, K y Vega-Barreto, F., 2022, (<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/6b6bc03e-9147-417a-9377-b83598fd8240>)

Al analizar estas tablas se puede ver que, aunque los precios si varían los beneficios en los costos son más notorios en las mezclas asfálticas con GCR ya que estas vías tienden a ofrecer mayor estabilidad en tiempo lo que significa que son más durables y a su vez necesitan menos mantenimientos ya que para este tipo de vías según requerimientos técnicos, debido a que esto

genera ganancias a las empresas que realizan estos procesos porque ofrecen mayores ganancias a las mismas.

### **Análisis de los aspectos técnicos, económicos y ambientales para el GCR como alternativa para la reparación de la malla vial de la Localidad de Engativá**

Por causas económicas y ambientales es que hay un interés para reciclar caucho, así como también existe un progreso continuo en cuanto al reciclaje de este, por esto es que para el proceso de la trituración de neumáticos se usan diferentes formas mecánicas que reducen las llantas en material que tienen acero y caucho, como aspecto técnico es importante conocer qué maquinaria se utiliza para la obtención del GCR el cual debe de estar en óptimas condiciones para ser modificado con el asfalto, como primer máquina se usa destalonadora semiautomática la cual se encarga de extraer el anillo de alambres de acero de la llanta, de igual forma se usa una máquina con el mismo nombre pero esta es para llantas de un mayor volumen, luego se usa una trituradora primaria la cual realiza la primer trituración de la llanta, posterior a esto se usa una trituradora secundaria la cual reduce a un menor tamaño los trozos provenientes de la anterior máquina.

La siguiente máquina que se usa es un granulador primario el cual se encarga de granular los trozos de llantas que vienen de la anterior máquina, luego se usa un granulador secundario, el cual reduce el tamaño entre 0,5 a 3 milímetros en comparación al granulador primario. Posteriormente, se usa un sistema de aspiración de polvo el cual busca aspirar todas las partículas de polvo resultantes en los anteriores procesos, luego de esto se usa un separador magnético por si aún quedan residuos de este tipo, una vez hecho esto se usa una criba la cual se encarga de hacer una clasificación de materiales reciclados sin ninguna obstrucción, posterior a esto se

utiliza un pulverizador que realiza una refinación del caucho y reduce el grano a 0,5 milímetros y finalmente se utiliza una cinta transportadora que ayuda a trasladar las cantidades de granos por largas distancias.

Otro aspecto técnico clave para poder tener GCR en óptimas condiciones y ya a disposición para hacer el asfalto modificado con GCR es que este puede ser producto del raspado de llantas de vehículos livianos o pesados, se debe tener en cuenta que este deberá estar libre de contaminaciones como fibras textiles, metales, así como también tiene que estar seco y ser uniforme, además este deberá de tener menos de 0.60 mm de tamaño para luego ya poder ser almacenado en una tolva acondicionada la cual garantice una conservación libre de humedad y posibles contaminantes.

Como aspecto económico es importante tener en cuenta que los precios no son fijos y que estos dependen de diferentes variables como pueden ser el precio unitario del contrato de la obra por metro cúbico compacto, dicho precio puede comprender variables como administración, costos de fabricación de la mezcla asfáltica, utilidades del constructor, costos de producción del asfalto modificado con GCR e imprevistos, así como también los salarios de quienes trabajan en la obra para la construcción de la vía con el GCR.

Por otra parte, en cuanto al tema normativo la Resolución 6981 de 2011 nos dice que en esta se dictan los lineamientos para el aprovechamiento de neumáticos y llantas usadas con el objetivo de que estas puedan ser recuperadas y transformadas en materia prima para una fabricación de productos nuevos los cuales pueden hacer parte de la infraestructura del transporte urbano como: Ciclovías, puentes, vías peatonales entre otras del distrito capital.

### Conclusiones y recomendaciones.

Es importante tener en cuenta que en la localidad de Engativá se encuentran llantas de localidades colindantes así como también los montallantas que quedan en la localidad generan llantas para desechar a diario, teniendo esto en cuenta y gracias a la entrevista que se llevó a cabo en los 5 montallantas se pudo tener información importante la cual ayudó a conocer cuáles son las diferentes disposiciones que se le da a este residuo en la localidad, además se pudo comprender que algunos montallantas son conscientes de la problemática que este desecho puede generar lo cual los hace tomar buenas decisiones en el momento de desechar este residuo entregando esto a empresas que manejan el tema de forma adecuada así como también prefieren donar las llantas a personas que sepan que les van a dar un segundo uso que no contamine más.

Por otra parte, se pudo conocer los diferentes precios que tienen las empresas que recolectan este residuo en los montallantas lo cual fue una información importante que se obtuvo en la entrevista debido a que los entrevistados manifestaron que estos precios son costosos para ellos y un poco difíciles de incurrir ya que el porcentaje de ganancia que estos obtienen al cambiar una llanta para desechar no es tan alto teniendo en cuenta que deben de pagar por el servicio de recolección a las diferentes empresas que prestan este servicio, por otra parte se pudo determinar que para la construcción de vías usando el GCR estas tienen un costo un poco más elevado pero que a su vez pueden ofrecer una mejor vida útil así como también un menor mantenimiento.

Adicionalmente este trabajo ayudó a identificar qué maquinaria y qué procedimiento lleva a cabo la maquinaria utilizada para obtener los gránulos de caucho lo cual ayuda a tener un mayor conocimiento acerca de cómo se obtiene dicho producto, no obstante también se pudo determinar los tipos de llantas que se utilizan para generar el GCR y así conocer cómo es su

almacenamiento posterior a la obtención del producto, adicionalmente se pudo determinar que los precios para este tipo de proyectos no son fijos y que por el contrario pueden tener diferentes factores que hacen cambiar sus precios, así como también se conoció la resolución 6981 de 2001 la cual nos indica los lineamientos a seguir para la utilización de este residuo y sus implementaciones.

Este trabajo logra ayudar a determinar que el uso del granulo de caucho reciclado (GCR) si es viable para implementar en la reparación de vías locales en la localidad de Engativá ya que este tipo de vías logran mejores resultados en comparación a las convencionales ya que estas ofrecen una mejor eficiencia desde el punto de vista en cuanto a reparachos constantes de las vías así como también estas vías al ser locales manejan un flujo de tráfico menos pesado en comparación a vías más principales lo cual puede ayudar a que este nuevo tipo de vías implementadas en las vías puedan durar mucho más tiempo y así generar menos accidentes.

Así mismo, se recomienda que el Distrito empiece a implementar más jornadas de Llantatón con una mayor frecuencia con el fin de que los puntos de posconsumo para recolección de llantas aumenten su cantidad de recolección de estos residuos, esto ayudaría a reducir los costos de recolección que pagan los dueños de los montallantas, adicionalmente se recomienda que estos montallantas se fidelicen con alguna empresa en específico y empiecen a negociar unos mejores precios para los dueños de los montallantas.

También se puede recomendar que estas mezclas se empiecen a utilizar en el reparacheo de las vías locales no solo en la localidad objeto de estudio sino en los lugares donde se necesite ya que es una realidad que la malla vial de la ciudad se encuentra deteriorada ya que al realizar este trabajo se pudo determinar que al implementar el granulo de caucho en las mezclas asfálticas

estas pueden aumentar de precio en su implementación, generan ahorros porque se evitan los mantenimientos de las vías debido a que estas son más duraderas.

### Bibliografía

- Acuerdo 602/17, agosto 24, 2017. Concejo de Bogotá. (Colombia). Obtenido el 11 de abril 2023.
- Agudelo-Cendales, M. A., & Martínez-Gómez, S. (2019). Estudio comparativo del envejecimiento a largo plazo de una mezcla con asfalto modificado con grano de caucho reciclado.
- Alfayez, S. A., Suleiman, A. R., & Nehdi, M. L. (2020). Recycling tire rubber in asphalt pavements: State of the art. *Sustainability*, 12(21), 9076.
- Bohórquez Quintero, C., & Ballesteros Bejarano, M. Á. (2016). Reutilización y transformación de llantas usadas como alternativa de mitigación del problema de contaminación ambiental en Bogotá.
- Castillo, C. A. (2022, febrero 27). *Así se libra Bogotá de la pesadilla de las llantas* ElTiempo.<https://www.eltiempo.com/bogota/bogota-que-hacen-con-las-llantas-que-se-botan-a-la-basura-654741>
- Constitución Política de Colombia [Const. P.]. (1991). Colombia. Obtenido el 11 de abril de 2023.
- Correa Lesmes, C. A. (2018). Implementación de la mezcla asfáltica modificada con granulo de caucho en el barrio San Carlos de la Localidad de Tunjuelito.
- Cultura científica. (2017, diciembre). La potencia sin control no sirve de nada.
- Dabic-Miletic, S., Simic, V., & Karagoz, S. (2021). End-of-life tire management: a critical review. *Environmental science and pollution research*, 1-18.
- Decreto 265/16, junio 29, 2016. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C . Secretaría Distrital de Ambiente (Colombia). Obtenido el 11 de abril de 2023 *Tipos de residuos*. (s. f.). Secretaría Distrital de Ambiente.
- Decreto 442/15, noviembre 9, 2015. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (Colombia). Obtenido el 11 de abril de 2023
- Ellen Macarthur Foundation (s.f.). What is a circular economy?.  
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>



- Estrategia Nacional de Economía Circular - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022, 25 marzo). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Farrow, A., Anhäuser, A., Chen, Y. J., & Cespedes, T. (2022). La carga de la contaminación del aire en Bogotá, Colombia 2021.
- Heras Barras C. (2010). Estudio del comportamiento dinámico de la banda de rodadura de un neumático.
- Hernández-López, K y Vega-Barreto, F. (2022). Análisis de viabilidad económica y financiera para el empleo de mezclas modificadas con grano de caucho reciclado en la ciudad de Bogotá localidad de Fontibón. Universidad Católica de Colombia
- Ingeniería mecánica blog. (2016, diciembre). Maquinaria necesaria para la producción de caucho reciclado.
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2015, febrero). Mezclas asfálticas en caliente con asfaltos modificados con caucho. <https://www.idu.gov.co/web/content/7632/560-11.pdf>
- INVÍAS. (2016, January 29). *INVÍAS pone en marcha uso de neumáticos en obras de mantenimiento y rehabilitación de vías*. Instituto Nacional De Vías. Retrieved April 21, 2023
- Labandeira, X., León, C. J. & Vázquez M. X. (2007) *Economía Ambiental*. Pearson Educación, S.A.
- León, R., Correcha, J., Torres, L. A., Silva Plata, C., Herrera Téllez, H. C., & Riaño, V. (2022). Logística inversa de llantas usadas en Colombia. *Revista De Investigación*, 14(1), 105–120. h
- Liu, H. S., Mead, J. L., & Stacer, R. G. (2000). Environmental effects of recycled rubber in light-fill applications. *Rubber Chemistry and Technology*, 73(3), 551-564.
- Medina, N. F., Garcia, R., Hajirasouliha, I., Pilakoutas, K., Guadagnini, M., & Raffoul, S. (2018). Composites with recycled rubber aggregates: Properties and opportunities in construction. *Construction and Building Materials*, 188, 884-897.
- Mei, J., Xu, G., Ahmad, W., Khan, K., Amin, M. N., Aslam, F., & Alaskar, A. (2022). Promoting sustainable materials using recycled rubber in concrete: A review. *Journal of Cleaner Production*, 133927.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021, junio). Llantas Usadas. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/llantas-usadas/>

Myhre, M., Saiwari, S., Dierkes, W., & Noordermeer, J. (2012). Rubber recycling: chemistry, processing, and applications. *Rubber chemistry and technology*, 85(3), 408-449.

Normatividad aplicable al rencauche. (2022, February 17). Observatorio Nacional de Logística, Transporte, Minas y Energía. Retrieved April 20, 2023, from <https://onl.dnp.gov.co/actualidad/Paginas/Normatividad-aplicable-al-reencauche.aspx>

Peláez Arroyave, G. J., Velásquez Restrepo, S. M., & Giraldo Vásquez, D. H. (2017). Aplicaciones de caucho reciclado: una revisión de la literatura. *Ciencia e ingeniería Neogranadina*, 27(2), 27-50.

Resolución 1326/17 julio 06, 2017. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (Colombia). Obtenido el 11 de abril de 2023.

Sánchez Olguín, G. (2007). Gestión integral de residuos sólidos urbanos en los municipios de Actopan, San Salvador y el Arenal del Estado de Hidalgo.

Secretaría de Medio Ambiente. (s.f). 760 llantas fueron recolectadas en el primer día de Llantatón en Bogotá. [https://www.ambientebogota.gov.co/noticias-de-ambiente1/-/asset\\_publisher/CWsnLtoGa4f6/content/llantaton-2023-760-llantas-fueron-recolectadas-en-fontibon-y-usme#:~:text=En%20la%20primera%20jornada%20de,San%20Crist%C3%B3bal%20y%20Santa%20Fe.](https://www.ambientebogota.gov.co/noticias-de-ambiente1/-/asset_publisher/CWsnLtoGa4f6/content/llantaton-2023-760-llantas-fueron-recolectadas-en-fontibon-y-usme#:~:text=En%20la%20primera%20jornada%20de,San%20Crist%C3%B3bal%20y%20Santa%20Fe.)

Secretaría Distrital de Ambiente. (s.f). Residuos especiales y peligrosos. <https://www.ambientebogota.gov.co/residuos-especiales-y-peligrosos#:~:text=Un%20residuo%20o%20desecho%20peligroso,ambiente%2C%20cuando%20es%20inadecuadamente%20manejado.>

Semana. (2021, julio). ¡indignante! Cerca de 2.174 kilómetros de vías en Bogotá están destruidas y llenas de huecos.

Tamayo, M. (2001). *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa.

Uriarte-Miranda, M. L., Caballero-Morales, S. O., Martínez-Flores, J. L., Cano-Olivos, P., & Akulova, A. A. (2018). Reverse logistic strategy for the management of tire waste in Mexico and Russia: Review and conceptual model. *Sustainability*, 10(10), 3398.



## Anexos

### Anexo 1. Entrevista aplicada a los montallantas de la localidad de Engativá.

### Entrevista sobre la percepción de llantas usadas en los montallantas de la localidad de Engativá

Las siguientes preguntas se utilizaran como objeto de estudio únicamente, con el fin de conocer la percepción que tienen las personas que trabajan en los montallantas.

¿Usted o un tercero le da algún uso a las llantas después de que los clientes las desechan?

Si

No

¿Qué cantidad de llantas aproximadamente desechan en el montallantas mensualmente?

Entre 1 a 50

Entre 51 a 100

Entre 101 a 150

Mas de 151

¿Sabia que estas llantas contaminan?

Si

No

### Anexo 1 Entrevista aplicada a los montallantas de la localidad de Engativá.

¿Qué disposición le da a las llantas?

- Se las regala a algún vecino
- Se las regala a algún reciclador
- Le paga a alguna empresa para que les de su debida disposicion
- Otro

¿Qué cantidad paga para que una empresa se lleve las llantas de su montallantas?

- 2.000 cop
- 5.000 cop
- 10.000 cop
- mas de 10.000 cop

¿Sabia usted que esas llantas sirven como insumo para reparar las vías?

- Si
- No