



**Universidad César Vallejo**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Disposición Ecoeficiente de los Neumáticos en Desuso en una  
Empresa de Transportes – Lima**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Ambiental**

**AUTORES:**

Palma Pittman, Fernando Ricardo (orcid.org/0000-0002-9153-5662)

Vasquez Arriola, Lourdes Sabina (orcid.org/0000-0001-9949-4925)

**ASESOR:**

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (orcid.org/0000-0003-1485-5854)

**LÍNEA DE INVESTIGACION:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA - PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que tengo.

A mis padres Bailón y María, hacer en mí una persona con valores y principios, siendo mis principales motivadores y formadores a lo largo de mi carrera profesional.

A mi abuela Rosario, que ha sido como una segunda mamá para mí.

A mis hermanos Henry, Marlon y Daniel, por haberme brindando su aliento día tras día para la culminación del presente trabajo.

A mi hermano mayor JUAN CARLOS que está en el cielo, siendo mi ejemplo de superación.

A mi gran amor Fernando Palma por estar a mi lado en todo momento y de forma incondicional

**Vasquez Arriola, Lourdes Sabina**

Doy las gracias a Dios, por brindarme la sabiduría, paciencia, salud y fortaleza necesaria para alcanzar una meta más en mi vida y sobre todo por regalarme una familia maravillosa.

A mis padres Sinay y Roberto, que me han sabido formar con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me han ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles, sé que desde el cielo me iluminan para seguir adelante en mis proyectos.

Agradecer a mi hermano Giovanni y a mi prima que siempre me apoyaron de manera incondicional en todo momento para lograr mis objetivos.

A mi gran amor Lourdes Vásquez por estar a mi lado en todo momento y de forma incondicional

**Palma Pittman, Fernando Ricardo**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la oportunidad y guiar en este camino profesional, vida cotidiana y formación profesional.

A mis padres, Bailón y Mari por el apoyo incondicional que me brindaron, que sin su apoyo no hubiera sido posible alcanzar mis metas propuestas, por sus consejos y amor incondicional.

A mis hermanos Juan, Henry, Marlon y Daniel, por creer y confiar en mí, apoyándome en todas las decisiones que he tomado en la vida.

A mi amor Fernando por estar a mi lado en todo momento y de forma incondicional.

**Vasquez Arriola, Lourdes Sabina**

Son muchas personas que han contribuido en este proceso y conclusión de esta tesis. En primer lugar, agradezco a Dios por haberme dirigido al sendero correcto y estar a mi lado en cada obstáculo que se me presenta en la vida.

Agradecer A mis padres Sinay y Roberto que me han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos más difíciles, sé que desde el cielo me iluminan para seguir adelante en mis proyectos.

Agradecer a mi hermano Giovanni, a mi amor Lourdes y mi prima que siempre me apoyaron de manera incondicional en todo momento

**Palma Pittman, Fernando Ricardo**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA	32
3.1. Tipo y diseño de investigación	32
3.2. Variables y operacionalización	32
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	34
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
3.5. Procedimientos	35
3.6. Método de análisis de datos	35
3.8. Aspectos éticos	35
IV. RESULTADOS	36
4.1. Presentación de resultados	36
V. DISCUSIÓN	51
VI. CONCLUSIONES	54
VII. RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS	56
ANEXOS	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Tecnologías empleadas para la valorización material y energética del NFU.	16
Tabla 2:	Composición y peso básico de neumáticos livianos y pesados	19
Tabla 3:	Composición química elemental de un neumático fuera de uso	20
Tabla 4:	Propiedades de distintos neumáticos	20
Tabla 5:	Categorías, subcategorías y matriz de categorización	32
Tabla 6:	Cantidad de llantas reemplazadas	37
Tabla 7:	Llantas expresadas en toneladas	38
Tabla 8:	Cantidad de caucho en las llantas	40
Tabla 9:	Cantidad de negro de humo en las llantas	41
Tabla 10:	Cantidad de acero en las llantas	42
Tabla 11:	Cantidad de fibra textil en las llantas	43
Tabla 12:	Cantidad de óxido de zinc en las llantas	44
Tabla 13:	Cantidad de azufre en las llantas	45
Tabla 14:	Cantidad de otros materiales en las llantas	46
Tabla 15:	Valor del caucho reciclado.	48
Tabla 16:	Valor del negro de humo	49
Tabla 17:	Valor del acero	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Extracción Látex de árbol Hevea Brasiliensis	12
Figura 2:	Partes de un neumático	18
Figura 3:	Procesos de construcción del neumático	22
Figura 4:	Llantas existentes en el mercado al 2021	23
Figura 5:	Cantidad de llantas reemplazadas por año	37
Figura 6:	Cantidad de NFU deterioradas	38
Figura 7:	Cantidad de NFU desgastadas	39
Figura 8:	Porcentaje de NFU desgastadas	39
Figura 9:	Porcentaje de NFU desgastadas	40
Figura 10:	Cantidad de caucho de las llantas reemplazadas	41
Figura 11:	Cantidad de negro de carbón de las llantas reemplazadas	42
Figura 12:	Cantidad de acero de las llantas reemplazadas	43
Figura 13:	Cantidad de fibra textil de las llantas reemplazadas	44
Figura 14:	Cantidad de óxido de zinc de las llantas reemplazadas	45
Figura 15:	Cantidad de azufre de las llantas reemplazadas	46
Figura 16:	Cantidad de otros materiales de las llantas reemplazadas	47
Figura 17:	Valor en dólares del caucho obtenido por las llantas recicladas	48
Figura 18:	Valor en dólares del negro de humo obtenido por las llantas recicladas	49
Figura 19:	Valor en dólares del acero obtenido por las llantas recicladas	50

## RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo analizar las condiciones de la disposición de los neumáticos y sus impactos ambientales. La forma común de disponerlos, ya sea como materia prima para otros productos, quemándolos o abandonándolos, puede causar daños al medio ambiente, incluyendo la contaminación de suelos, agua y aire. Por lo tanto, es necesario encontrar formas efectivas de disposición para prevenir la contaminación. La investigación identificó tanto métodos artesanales como industriales para el uso del caucho de los neumáticos en diferentes aplicaciones, lo que puede generar ingresos y evitar su quema.

Este estudio propone un modelo a seguir para empresas que enfrentan la misma problemática de disposición de neumáticos, lo que puede contribuir a mejorar el medio ambiente y la salud pública. Replicar este modelo es crucial para encontrar soluciones a la creciente problemática de la disposición de residuos complejos como los neumáticos.

**Palabras clave:** disposición de neumáticos, impacto ambiental, contaminación, métodos artesanales, métodos industriales

## ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the conditions of tire disposal and its environmental impacts. The common way of disposal, either as raw material for other products, by burning or abandoning them, can cause damage to the environment, including soil, water and air pollution. Therefore, it is necessary to find effective ways of disposal to prevent contamination. The research identified both artisanal and industrial methods for using tire rubber in different applications, which can generate income and avoid burning.

This study proposes a model to follow for companies facing the same tire disposal problem, which can contribute to improving the environment and public health. Replicating this model is crucial to find solutions to the growing problem of disposal of complex waste such as tires.

**Keywords:** tire disposal, environmental impact, pollution, artisanal methods, industrial methods, waste management.

## I. INTRODUCCIÓN

La acumulación excesiva de neumáticos que genera las empresas transportistas mensualmente hace que obtén por el método más rápido y barato de eliminación sin tener en consideración de los impactos que estos pueden generar al ambiente en el que estos se desarrollan diariamente. Se llegó a conocer que el caucho triturado proveniente del neumático le agrega mayores características al mezclarse con el asfalto como son resistencia a la temperatura, estabilidad, impermeabilidad juntando todos ellos se resumen en mayor duración de la pista. (García, J. 2021).

**A nivel Mundial** La quema de llantas es una de esas frases que grita PELIGRO. Los ingenieros medioambientales consideran que la quema de neumáticos es el método de tratamiento de residuos menos seguro y sostenible porque solo mueve y dispersa los residuos, no los elimina. Además, la quema de llantas produce nuevos contaminantes que son mucho más dañinos para el medio ambiente que los propios desechos cuando se queman. Las dioxinas, los furanos y los metales pesados son los componentes principales. (Ordoñez, 2007).

Un grave problema de contaminación en el mundo, es ocasionado por el desecho de los neumáticos. Uno de los problemas medioambientales que ha llamado la atención recientemente es la producción extensiva y continua de neumáticos y llantas, así como los desafíos que surgen al tratar de destruirlos tan pronto como ya no se necesitan. La "mejor manera" de deshacerse de las llantas es quemarlas, pero hacerlo presenta serios riesgos ambientales porque emite gases nocivos y emisiones de partículas. (Chakraborty, S. 2020).

**En Latinoamérica** su quema es la única forma que las personas encuentran para deshacerse de ellos, pero también es uno de los actos más contaminantes. La gran mayoría se queman con el objetivo de minimizar la cantidad de espacio que ocupan. Sin embargo, las empresas que los

fabrican son las que se tendrían que hacer cargo de los miles de millones de toneladas de cauchos que se acumulan (Deicas, 2013).

**En el Perú** el parque automotor se ha incrementado de una manera muy acelerada ya sea por la necesidad de transportar sus materiales y recursos, esto incremento los volúmenes de neumáticos en desuso las cuales no se les da una disposición final adecuada, generando que las personas recurran a la quema de estos ya sea en las diferentes actividades de protestas como por acumulación sin tener conocimiento de las consecuencias adversas que estos generan, la quema de llantas provoca la liberación de gases que son compuestos químicos tóxicos como azufre y compuestos clorados, entre otros elementos químicos. Estos gases se mueven por el aire como partículas en suspensión y se han depositado en todos los cuerpos o superficies, incluidas las áreas subcutáneas como los ojos, las vías respiratorias y la dermis de las personas, intoxicando todo.( Pérez, J. 2021)

**A nivel Local** Sánchez, J. (2019). las empresas de transportes dedicadas a brindar servicios de transporte de grandes toneladas de diversos materiales, acumulan grandes cantidades de neumáticos en desuso por ende la quema de estos es una de sus alternativas favoreciendo a la empresa la inexistente fiscalización por parte de una entidad, las personas que viven cerca pueden desarrollar cáncer con el tiempo debido a los gases altamente tóxicos producidos por la quema porque estos gases se acumulan en el cuerpo. Es una problemática actual ya que en Lima con el incremento de las necesidades de transporte de grandes toneladas a diferentes destinos genera el desgaste acelerado de neumáticos incrementando así el desecho de estos, las empresas transportistas al no existir leyes que exijan que se le de tratamiento a los neumáticos recurren a la quema sin considerar las consecuencias.

Toda la generación de neumáticos provenientes de las empresas de transportes se les dio una disposición final adecuada por trituración mecánica para el pavimentado de pistas y el reuso en eco-diseños elaborado 100% de caucho. La presente tesis permitirá que las empresas de transportes no tengan la necesidad de volver a quemar los neumáticos ya que los métodos antes descritos generaran ingresos económicos significativos y sirven de modelo para otras empresas transportistas.

Para efectos del desarrollo de esta investigación se plantea el siguiente Problema General: ¿Cómo influye la disposición ambientalmente responsable de llantas usadas en una empresa de transporte para evitar que se convierta en una fuente de contaminación en la ciudad de Lima?

PE1: ¿Qué requisitos se deben cumplir para que las llantas usadas sean dispuestas en una empresa de transporte de Lima?

PE2: ¿De qué manera la obtención de los componentes de los neumáticos en desuso es promisorio para una empresa de transportes de Lima?

PE3: ¿Cuáles son las mejores prácticas para la disposición ambientalmente responsable de llantas usadas en empresas de transporte?

El objetivo general fue conocer el impacto de la disposición ambientalmente responsable de llantas en una empresa de transporte para evitar que se convierta en una fuente de contaminación en Lima.

OE1: Describir los requisitos para la disposición de llantas usadas en una empresa de transporte de Lima.

OE2: Evaluar cómo la obtención de los componentes de los neumáticos en desuso puede ser promisorio para una empresa de transportes de Lima, considerando tanto los aspectos económicos como los ambientales.

OE3: Identificar cuáles son las mejores prácticas para la disposición ambientalmente responsable de llantas usadas en empresas de transporte en Lima, considerando aspectos técnicos, económicos y sociales.

Así también tenemos como :

Hipótesis general: La disposición ambientalmente responsable de llantas en una empresa de transporte en Lima puede tener un impacto positivo en la reducción de la contaminación y en la rentabilidad económica de la empresa.

Hipótesis específica 1: Si se cumplen los requisitos adecuados para la disposición de llantas usadas en una empresa de transporte de Lima, se puede reducir la contaminación ambiental y cumplir con las regulaciones gubernamentales.

Hipótesis específica 2: Si se lleva a cabo una obtención adecuada de los componentes de los neumáticos en desuso en una empresa de transporte de Lima, se pueden reducir los costos de producción y generar beneficios económicos, al tiempo que se contribuye a la protección del medio ambiente.

Hipótesis específica 3: Si se implementan las mejores prácticas para la disposición ambientalmente responsable de llantas usadas en empresas de transporte en Lima, se pueden mejorar la reputación de la empresa y fomentar la responsabilidad social empresarial. Además, se puede reducir el riesgo de sanciones y multas por incumplimiento de regulaciones ambientales.

Según Pérez, R. (2021) La quema de neumáticos en desuso genera un gran impacto ambiental y es altamente contaminante debido a la emisión de gases tóxicos a la atmósfera. La falta de un método adecuado de disposición final de neumáticos lleva a muchas empresas de transporte a utilizar la quema como método rápido y sencillo. Los gases tóxicos generados por la quema afectan la calidad del aire y cambian el equilibrio atmosférico, lo que contribuye al efecto invernadero y al cambio climático. La implementación de

controles operacionales por parte de los ingenieros ambientales puede ayudar a reducir la emisión de contaminantes en el aire. Se sugiere la utilización de una estrategia novedosa para producir conocimientos confiables. En este sentido, se presenta un diseño exclusivo de maquinaria de trituración de neumáticos que puede reducir la contaminación del aire y beneficiar a la sociedad. Además, se brinda información sobre métodos adecuados de disposición final de neumáticos en desuso como alternativa aceptable para las empresas transportistas. La realización de esta investigación beneficia directa e indirectamente a todas las personas que viven en Lima, ya que podrán respirar un aire más limpio.

#### Justificación teórica:

La teoría de la economía circular sostiene que los residuos pueden ser transformados en recursos y utilizados de manera más eficiente en el proceso productivo. Asimismo, la gestión ambiental sostiene que las empresas deben ser responsables y sostenibles en su proceso productivo, tomando en cuenta el impacto ambiental de sus actividades. En el caso de los neumáticos en desuso, la gestión ecoeficiente de estos residuos implica su reutilización, reciclaje y disposición final de manera responsable, lo que contribuye a la reducción del impacto ambiental y promueve la sostenibilidad de la empresa.

#### Justificación social:

La gestión ecoeficiente de los neumáticos en desuso en una empresa de transporte en Lima es socialmente importante ya que contribuye a mejorar la salud y el bienestar de la comunidad. La disposición inadecuada de estos residuos puede generar focos de contaminación y enfermedades en las personas. Además, la empresa puede mejorar su relación con la comunidad a través de prácticas ecoeficientes, lo que puede aumentar la reputación y la confianza de los clientes y proveedores.

#### Justificación económica:

La gestión ecoeficiente de los neumáticos en desuso puede tener beneficios económicos para la empresa. Por un lado, puede reducir los costos de eliminación y disposición tradicional de estos residuos. Por otro lado, puede generar ingresos a través de la venta de materiales recuperados en el proceso de reciclaje. Además, la implementación de prácticas ecoeficientes puede mejorar la imagen de la empresa y aumentar su competitividad en el mercado.

#### Justificación ambiental:

La gestión ecoeficiente de los neumáticos en desuso en una empresa de transporte en Lima es ambientalmente importante ya que puede reducir el impacto ambiental de estos residuos. La disposición inadecuada de los neumáticos puede generar contaminación del aire, suelo y agua, así como liberar gases de efecto invernadero. La gestión ecoeficiente de estos residuos implica su reutilización, reciclaje y disposición final responsable, lo que contribuye a la protección del medio ambiente y la promoción de la sostenibilidad.

#### Justificación práctica:

La disposición ecoeficiente de los neumáticos en desuso en una empresa de transporte en Lima es una práctica necesaria y viable en la actualidad. Existen tecnologías y procesos que permiten la gestión ecoeficiente de estos residuos, lo que significa una oportunidad para la empresa de reducir costos y mejorar su imagen y relación con la comunidad. Además, la implementación de prácticas ecoeficientes es una tendencia en el mercado y cada vez más empresas están adoptando estas prácticas para mejorar su sostenibilidad y competitividad.

## II. MARCO TEÓRICO

Con respecto a los antecedentes, no se tienen de fechas muy próximas por que en los últimos tiempos no se han realizado muchos estudios.

Ramírez Palmas N. (2016). **“Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco”**. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Civil, del que se extrae la siguiente síntesis: “Los neumáticos desechados son un problema ambiental importante en Chile y en todo el mundo. Los residuos que producen son especialmente preocupantes porque la mayoría de estos neumáticos se encuentran a lo largo de las carreteras, en lotes baldíos o en vertederos no oficiales. Ocupan espacio, se acumulan, representan un riesgo de incendio, liberan gases tóxicos y favorecen el crecimiento de plagas como insectos y roedores, además de ser una fuente de enfermedades infecciosas. El estudio sugiere que los residuos deben ser valorizados y respetados para reducir la gran cantidad de toneladas que se producen anualmente. Dado que se puede utilizar de diversas formas y contiene caucho natural o componentes sintéticos en una proporción de aproximadamente el 60% de su composición, una opción desde esta perspectiva es utilizarlo como materia prima.

Criollo Salamea A., (2014). **“Caracterización de caucho reciclado proveniente de Scrap y de neumáticos fuera de uso para su potencial aplicación como materia prima”**. Universidad Politécnica Salesiana. Departamento de Ingeniería Mecánica, del que se obtuvo la siguiente síntesis: “El estudio actual nos permite saber cuánto de la contaminación y el reciclaje de NFU, en el mundo se debe al hecho de que se debe a los diseños, usos y modificaciones de las máquinas que permiten la extracción de fibras NFU. la metodología empleada es de un enfoque experimental con un componente de diseño prototípico. Los resultados y principios de vulcanización, al menos en laboratorio, se han obtenido con una mezcla y aditivo que se utiliza en productos beneficiosos para el ser humano y acelera

el proceso de vulcanización de F-NFU en la etapa final en su lugar, construya prototipos que validen su uso”.

Hernández García G., (2013), Intenta desarrollar un plan técnico que involucre los procesos de reutilización y reciclaje de llantas de la ciudad de Querétaro, en el cual se promueve una industria sustentable de llantas. Para el desarrollo de la investigación se optó por el enfoque cualitativo y se utilizaron métodos como la observación directa, el análisis documental y la entrevista semiestructurada. Resultados:

La investigación permitió desarrollar un plan técnico de reutilización y reciclaje de llantas en la ciudad de Querétaro, con el objetivo de promover una industria sustentable en el manejo de este tipo de residuos sólidos urbanos. Para ello, se realizó una aproximación teórica a los sistemas de tratamiento de llantas usadas y se llevó a cabo una planificación técnica y estratégica con enfoque de responsabilidad social. Conclusión: demuestra la importancia de incorporar la sustentabilidad como componente clave de la responsabilidad social en las empresas, especialmente en un contexto de creciente industrialización y desinterés por el control y manejo sustentable de los residuos. La investigación permitió desarrollar un plan técnico de reutilización y reciclaje de llantas en la ciudad de Querétaro, con el objetivo de promover una industria sustentable en el manejo de este tipo de residuos sólidos urbanos. En conclusión, este estudio aporta información valiosa para la implementación de políticas y estrategias de gestión de residuos sólidos urbanos más sustentables y responsables socialmente, lo que contribuirá a reducir los impactos ambientales y sociales asociados con la acumulación de llantas y otros residuos sólidos urbanos en el municipio y en otras áreas del país..

Luna Morocho P. (2013). **“Estudio de la aplicación potencial de compuestos obtenidos con residuos de caucho reciclado provenientes de Continental Tire Andina como materiales estructurales”**. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Contraloría y Administración, que

alcanza una síntesis: “El entorno es limitado en recursos, y el tiempo es uno de ellos. El tiempo es irrecuperable e irreparable, el deterioro del cuerpo irreversible y la contaminación reduce el espacio disponible y la probabilidad de que los seres vivos puedan sobrevivir en el medio ambiente. Para lograr el surgimiento de nuevos materiales donde se comiencen a fabricar polímeros, es necesario tomar en cuenta que cualquier elemento que de cierta manera cause un problema sea analizado y evaluado para la posibilidad de ser reutilizado o reutilizada. Al hacerlo, se permite un nuevo uso, logrando un mejor aprovechamiento del caucho como elemento polimérico fundamental de todos estos cambios, de tal forma que los neumáticos se volvieron indispensables en todo tipo de transporte, desde automóviles hasta colmenas.

Alejandro Vilche (2012). **“Propuestas para el ahorro de energía en sistemas neumáticos”**. De la que se extrajo lo siguiente: Muchos creen que es increíblemente económico porque comprime y utiliza el aire atmosférico como fuente de automatización. Las fugas en las redes de aire comprimido no reciben mucha atención porque no ensucian, no dejan residuos ni provocan accidentes porque el aire es incoloro, inodoro e insípido. En realidad, lo único que producen es ruido, que, en una fábrica o planta que funciona a pleno rendimiento, es ahogado por sonidos de mayor volumen. Sin embargo, este descuido tiene un precio ya que, en el sector industrial, el uso de equipos compresores representa del 10% al 20% del costo total de la energía eléctrica en una planta.

Según Martínez, M. (2021). Los encargados de una planta o área frecuentemente no saben las respuestas exactas a estas preguntas, y este desconocimiento está relacionado con una parte importante de los costos inevitables de cualquier proceso productivo. Por ejemplo, ¿sabes cuánto cuesta comprimir cada metro cúbico de aire comprimido en tus instalaciones? ¿Cuántos metros cúbicos de aire comprimido genera al día y cómo se utilizan? Podemos afirmar con confianza que solo el 10% del aire comprimido que produce una planta se utiliza para accionar actuadores

neumáticos o llevar a cabo procedimientos de automatización. Normalmente, alrededor del 60% se utiliza para el soplado (sea productivo o no), y el 30% restante se pierde por fugas sin ser utilizado en ningún proceso productivo. En otras palabras, la energía se usa para comprimir el aire que luego se libera a la atmósfera, a veces un poco más contaminada.

Ruz Espejo X. (2014), en la revista con título “**Reciclaje de neumáticos: un desafío medioambiental**”, de las cuales se ha extraído lo siguiente:

El reciclaje de llantas usadas es una iniciativa público-privada que ha permitido que los neumáticos urbanos al final de su vida útil sean recolectados y convertidos en materia prima para un nuevo negocio o industria en Chile. En 2008, se produjeron cerca de tres millones de neumáticos usados, lo que representó más de 42,000 toneladas de residuos. Actualmente, hay una planta de trituración y granulación de llantas que produce caucho útil para la industria chilena en las regiones V, VI y Metropolitana. Aunque se han logrado avances significativos, todavía quedan pasos por dar para consolidar la iniciativa, con fabricantes, importadores, distribuidores y usuarios importantes involucrados activamente. El neumático es un componente esencial para la tracción, la maniobrabilidad y la comodidad durante la conducción, y depende de cómo se mueva el vehículo mientras está en movimiento. Gracias a esta iniciativa, se han recogido más de un millón de llantas y se han cerrado 40 vertederos no oficiales, lo que demuestra el potencial de un enfoque sostenible para el manejo de residuos de neumáticos.

La principal característica de una llanta es su flexibilidad o elasticidad, esta propiedad le permite que se someta grandes esfuerzos en el sentido de la conducción o desplazamiento cotidiano, la condición del caucho o material sintético es la que posibilita la durabilidad de la llanta, sus condiciones físicas y forma de fabricación y añadidos permitirá determinar su agarre, este será posible en superficies secas o en superficies mojadas (Heras, 2016).

El árbol del mismo nombre, conocido científicamente como *Hevea Brasiliensis*, produce caucho natural. Este recurso es el látex o caucho que tiene corpúsculos o partículas de caucho suspendidos en él. Después del procesamiento, se puede fabricar una variedad de productos; actualmente, según el estudio, el caucho natural constituía el 30% del mercado de producción en 2008; el 40% restante del mercado lo ocuparon los cauchos sintéticos, que son derivados de hidrocarburos; los cauchos más utilizados para fabricar neumáticos son los cauchos naturales (NR), estireno-butadieno (SBR), polibutadienos (BR) y poliisoprenos sintéticos (IR) (Largo, 2018).

Para obtener el líquido lechoso y turbio que contiene el caucho en suspensión y se dispersa en pequeñas gotas en forma emulsionada, se realizan incisiones en la corteza de varias moráceas y eufobias intertropicales, entre las que destaca *Hevea Brasiliensis*. (Castro, 2008)

Dado que depende del doble enlace en el polímero, la vulcanización, que crea puentes de azufre entre las moléculas, involucra las posiciones alílicas más reactivas y produce los enlaces cruzados en el caucho. El caucho sintético más importante es el SBR, un copolímero de butadieno (75%) y estireno (25%), creado por los radicales libres. Compite con el caucho más popular, conocido como elastómero, y es útil para fabricar llantas para automóviles u otros vehículos. Según Varon et al., la polimerización Ziegler-Natta puede producir polibutadieno y poliisopreno totalmente cis. al, 2002).

Aunque un elastómero de polidieno completo o en su mayoría está altamente insaturado, todavía contiene los componentes necesarios para que se formen enlaces cruzados, como en la producción de caucho de butilo, que copolimeriza isopreno e isobutileno a una concentración del 5 por ciento (Varon et al, 2012).

El látex de árboles tropicales específicos se usa para producir caucho, un hidrocarburo crucial. Los hidrocarburos en suspensión con trazas de otras sustancias se coagulan y se pueden extraer del líquido cuando se calienta

el látex o se agrega ácido acético. El resultado es una goma gruesa, viscosa y pegajosa que es elástica cuando se estira pero que no vuelve a su forma original cuando se calienta (Farfán y Leonardo, 2008).

Los hidrocarburos en suspensión con trazas de otras sustancias se coagulan y se pueden extraer del líquido cuando se calienta el látex o se agrega ácido acético. Lo que se obtiene es el caucho crudo del oficio, que es viscoso y pegajoso, blando cuando se calienta y rígido y quebradizo cuando se enfría. Después de estirarse, tampoco vuelve a su forma original. Una pieza también volverá eventualmente a su forma original si se usa suficiente tensión para estirla. Este proceso, conocido como vulcanización, ocurre cuando los anillos del S8 se separan y se fusionan con los dobles enlaces de las moléculas de caucho, formando puentes de cadena de azufre que luego se combinan para formar una estructura total. Diversos materiales, incluidos el negro de carbón, los óxidos de zinc y plomo y otros materiales orgánicos, actúan como aceleradores de vulcanización para producir caucho más resistente y duradero (tubos para ruedas de automóviles). ( Farfán, A. 2018)

### **Figura 01: Extracción Látex del árbol Hevea Brasiliensis**

**Fuente:** 123RF, (2015)

En el actual modelo de la gestión de los residuos se busca que estos sean fuente de energía, es decir la transformación de los residuos en energía, extendiendo de esta forma su utilidad, pero en ese proceso es necesario considerar que para obtener esa energía de los residuos, se debe utilizar energía, todo ese análisis nos lleva a determinar toda la factibilidad posible, si empleamos energía para obtener más energía, se debe determinar si toda es posible de obtenerla y compensa el esfuerzo en favor de lo que se obtiene y a beneficio de las personas, producir ese material, requiere energía, recuperar de un residuo un nuevo producto y además generar energía es un reto científico y tecnológico, además de un compromiso medioambiental, los nuevos tiempos imponen nuevas técnicas, nuevas propuestas y eso indica nuevas investigaciones. (Edenhofer y otros, 2018).

En el Recauchutado se extrae la banda de rodamiento de la llanta y se emplea otra vez, requiere de una cuidadosa selección de armazones que se deben renovar, y que éstas tienen que estar libres de defectos de manufactura, que no presenten daños o no hayan sido reparados, se tiene que considerar que se desechen las carcasas o armazones que no puedan soportar otro ciclo de vida (Pelizzoni, Fumagalli, Quarleri; 2009).

Es posible reutilizar un neumático desgastado reemplazando la banda de rodadura mediante el proceso de recauchutado de neumáticos.

Para ello los neumáticos son empleados en diferentes países los tratamientos que se enumeran a continuación:

En el Tratamientos mecánicos los NFU son comprimidos, cortados o fragmentados en piezas de cualquier tamaño, entre los que se encuentran la fabricación de balas, troceado (ripping), trituración (cutting). La trituración, responde a la pulverización es imprescindible para la utilización posterior del recurso obtenido, por ejemplo, fabricación de grass sintético para campos deportivos o ambientes artificiales (Pelizzoni, Fumagalli, Quarleri; 2009).

En las tecnologías de reducción de tamaño es otro proceso implica la trituración o pulverización mecánica a temperatura normal para obtener **polvo de caucho**, también se puede emplear la molienda criogénica o húmeda, el uso de este elemento tiene muchas propiedades para la industria dependiendo de lo que se obtenga, ya que del caucho natural es polvo de caucho y el del sintético se denomina: polietileno (polvo de neumático). (González, L. 2018).

En un molino "cracker" de doble rodillo, que tiene ranuras con bordes afilados que cortan el caucho, la molienda se realiza a temperatura ambiente. Antes de triturar o moler, el componente metálico debe separarse para evitar daños en el molino. Por ello, sobre las fajas se colocan separadores imantados, y para retirar la tela o malla se utilizan fajas o charolas vibratorias para generar compresión de las fibras, las cuales serán separadas por tamizado u otra acción mecánica (Cano, 2008).

Es posible desintegrar fácilmente el caucho durante la molienda criogénica porque el caucho se vuelve quebradizo y pierde su elasticidad distintiva a temperaturas muy bajas (-200 °C) (Pelizzoni, Fumagalli, Quarleri; 2009).

Para que los componentes de caucho se congelen y luego se triturén, la molienda criogénica se combina con el enfriamiento con nitrógeno líquido de los componentes de caucho. (Cano, 2008).

En la Molienda húmeda este es un proceso de trituración poco conocido o empleado, se trata de molinos en que la molienda se realiza con agua a nivel de pulverización e inyectada de forma continua que enfría el polvo. Luego por secado se separa el polvo del agua y se obtiene el polvo triturado (Pelizzoni, Fumagalli, Quarleri; 2009).

La desvulcanización implica cambiar la superficie del caucho mediante el uso de ligantes, pero este proceso es superficial, por lo que la información que se tiene actualmente es de gran interés. Desde el descubrimiento del

caucho en 1800, Charles Goodyear ha investigado formas de recuperarlo. La recuperación del caucho vulcanizado implica el desgarro de los cruces de fibras, lo que permite reutilizar el caucho valioso o útil. La desvulcanización o despolimerización son dos métodos que se pueden utilizar para romper los enlaces que se crean cuando se rompe la reticulación química tridimensional del azufre. Chen, G., et. al. 2019).

Los componentes inorgánicos del neumático (acero y negro de carbón no volátil) permanecen como un residuo sólido en forma de partículas, mientras que todas las partes orgánicas inflamables se descomponen en gases y líquidos a través de la pirólisis, que se define como calentamiento en caliente sin oxígeno. Los hidrocarburos ligeros con baja proporción de CO, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S y alto poder calorífico (68-84MJm<sup>-3</sup>) constituyen la mayoría de los gases pirolíticos, junto con gases como butenos, metanos y butanos. Los sólidos pirolíticos del mismo tamaño se descomponen fácilmente en polvo de carbono, cables de acero y filamentos. (Laresgoiti, Caballero, De Marco, Torres; 2004).

La fuente de energía, las condiciones y el sistema que se utiliza (tamaño y características del sistema, características del reactor, eficiencia de transferencia de calor y tiempo de residencia) afectan los productos producidos por pirólisis y sus características. (Cano, 2008).

**Tabla Nº 1: Tecnologías empleadas para la valorización material y energética del NFU.**

Tecnología	Característica	Ventajas	Desventajas
<b>Tratamientos Mecánicos</b>	Reducir el tamaño de la NFU a través de la trituración previa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite la reducción de volumen, lo cual es crucial en los vertederos.</li> <li>• Permite utilizar otras técnicas, como el esmerilado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se han realizado pocos estudios para avanzar en el método.</li> </ul>
<b>Tecnologías de Reducción de Tamaño</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molienda mecánica realizada a temperatura ambiente.</li> <li>• Molienda criogénica, que utiliza N<sub>2</sub> para enfriar el caucho.</li> <li>• Molienda húmeda por chorro de agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es capaz de encogerse a tamaños entre 500 mm y menos de 500 m.</li> <li>• La lisura de la superficie y la oxidación de la superficie mejoran con la molienda criogénica.</li> <li>• Ocupado con trabajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El lixiviado de ZnO.</li> <li>• Molienda en T. A. Alto costo como consecuencia de los requerimientos continuos de mantenimiento de la maquinaria.</li> <li>• Mayor sensibilidad a los contaminantes atmosféricos.</li> <li>• Molienda criogénica: N<sub>2</sub> caro y una fase de secado adicional dan como resultado un costo más alto.</li> </ul>

Tecnología	Característica	Ventajas	Desventajas
<b>Tecnologías de Regeneración</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La desvulcanización es el método de ruptura selectiva del enlace químico de azufre reticulado que se encuentra en el caucho vulcanizado.</li> <li>• La desvulcanización o despolimerización se puede utilizar para recuperar el caucho vulcanizado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener un desglose de las partes del neumático.</li> <li>• Permite la reutilización de las partes de caucho de la NFU en la producción de varios componentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caucho producido con calidades físicas inferiores al original.</li> <li>• Es importante seleccionar materias primas y condiciones de proceso que funcionen mejor.</li> </ul>
<b>Pirolisis</b>	<p>Calentar los gránulos de NFU a baja temperatura sin oxígeno.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La avería de los elementos estructurales del neumático.</li> <li>• Hay mucha energía en los gases paralizantes.</li> <li>• El negro de humo se puede reciclar para crear nuevos materiales.</li> <li>• Negro pirolítico, utilizado para absorber la luz ultravioleta y colorearla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas con la aplicación de los aceites condensables adquiridos.</li> <li>• Las condiciones del proceso afectan las características de los productos. Es fundamental ajustar los parámetros.</li> </ul>

Fuente adaptada de García, J., (2021).

Los neumáticos están constituidos por una serie de componentes dependiendo de su fabricante la cual garantizará su eficiencia en cuanto al rendimiento de estos por las diferentes condiciones que estos pueden soportar. Los neumáticos tienen la siguiente estructura. (García, J., 2021).

**Figura 2: Partes del neumático (números agregados por el investigador)**



Fuente: InfoTaller (2019).

En la Capa interior, como su nombre indica, es la superficie que toma contacto con el aro metálico o de fibra del neumático, su función es justamente proteger la carcasa del desgaste y especialmente de la humedad. El Talón es una estructura de metal y nylon es como una fina correa a continuación del flanco, es lo que se adhiere al aro. La Carcasa (Capa radial) se compone de una malla de cables de fibra textil que van de lado a lado entrecruzados, pegados al caucho, muy resistente y es clave a la estructura de la llanta o neumático. En el Costado del neumático (Flancos) este espacio soporta mucha presión se adhiere al aro metálico o de fibra del vehículo y sufre deformaciones durante el uso. Su adherencia es la que contiene el aire comprimido en el neumático. El Hombro (cinturón de lona) está ubicado a lo largo de los laterales de la banda, es una estructura

compuesta de malla de acero y nylon a modo de correas, debe ser flexible y resistente, dándole estabilidad a la banda, esto mejora la fricción, tracción, desgaste y maniobrabilidad al neumático. InfoTaller (2019).

La Banda de rodadura es el contacto de la llanta con la carretera, debe resistir al desgaste y abrasión, su principal característica es que se adhiere a todo tipo de suelo, considerando que debe tener baja resistencia al rodamiento para consumir menos combustible, las líneas o ranuras en su superficie o diseño de la banda de rodadura es simétrico y es diferente de acuerdo a la naturaleza de uso: nieve, arena, etc. En superficies muy lisas se emplea mecanismos adicionales como las cadenas de diferentes dimensiones, los diseños también son diferentes de acuerdo a la marca del neumático. InfoTaller (2019).

**Tabla Nº 2: Composición y peso básico de neumáticos livianos y pesados.**

<b>Componentes</b>	<b>Autos %</b>	<b>Vehículos pesados %</b>	<b>Función</b>
Caucho	48	45	Estructural – Deformación
Negro de Humo	22	22	Mejora de Propiedades Físicas
Refuerzos Metálicos (Acero)	15	25	Formación Esqueleto Estructural
Refuerzos Textiles	5	0	Formación Esqueleto Estructural
Óxido de Zinc	1.2	2.1	Catalizador
Azufre	1	1	Agente Vulcanizante
Aditivos y Otros (Rejuvenecedor)	12	9	Resistencia al desgaste
Peso del Neumático KG	6.5-9	55-80	Volumen y soporte

**Fuente: Elaborado por el investigador.**

**Tabla N° 3: Composición Química Elemental de un Neumático Fuera de Uso (NFU)**

Elemento	% Peso
C	70
H	7
S	1
N2	0.5
O	4
Zn O	1
Fe	16
Ácido Esteárico	0.3
Halógenos	0.1
Cd	10 mg/Kg
Cr	90 mg/Kg
Ni	80 mg/Kg
Pb	50 mg/Kg

Fuente: Elaboración del autor.

Además de lo anterior, es importante señalar que la composición química de los neumáticos contiene una serie de metales pesados, lo que los cataloga como residuos peligrosos. También puedes encontrar trazas de plomo, cadmio y cobre en su composición. (Ingemechanica, 2010)

**Tabla N° 4: Propiedades de distintos neumáticos.**

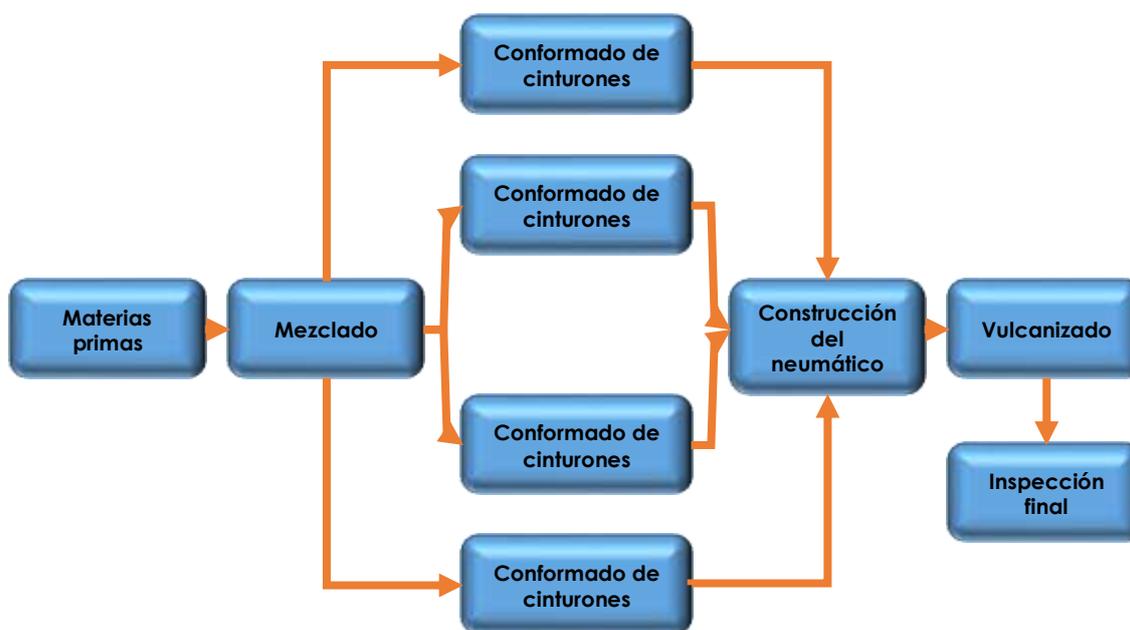
Propiedades		Caucho Natural Poliisopreno	SBR Butadieno Estireno	Nitrilo Butadieno Acrylonitrilo	Cloropreno Neoprene
Propiedades generales	Adhesión a metales	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
	Adhesión a tejidos	Excelente	Buena	Buena	Excelente

Propiedades		Caucho Natural Poliisopreno	SBR Butadieno Estireno	Nitrilo Butadieno Acrilonitrilo	Cloropreno Neoprene	
	Rango de temperatura de trabajo	-20 a 80 °C	-10 a 80 °C	-35 a 130 °C	-10 a 100 °C	
Propiedades físicas	T° ambiente	Rango de Dureza (Sh)	40 a 85 ShA	40 a 90 ShA	40 a 90 ShA	
		Resistencia a la Tracción Máx. (Kg./cm <sup>2</sup> )	300	220	250	250
		Alargamiento de Rotura Máx... (%)	650	600	650	600
		Deformación Permanente por Compresión	Excelente	Buena	Buena	Buena
		Resistencia Eléctrica	Excelente	Excelente	Uso Casos Especiales	Pobre
	Alta T°	Envejecimiento a 100° C	Pobre-Buena	Buena	Buena	Buena-Excelente
		Elasticidad a 100° C	Buena	Buena	Buena	Buena
		Resistencia al fuego	No Usar	Uso Caso Especial	Uso Casos Especiales	Excelente
	Baja T°	Temperatura de Rigidez (°C)	-30 a -45	-18 a -45	-10 a -45	-10 a -45

Fuente: Adaptación del investigador en base a múltiples fuentes.

A continuación, se muestra un diagrama que muestra los pasos involucrados en la fabricación de un neumático, junto con la siguiente figura para dar a los lectores una idea del proceso.

**Figura 3: Proceso de construcción del neumático**

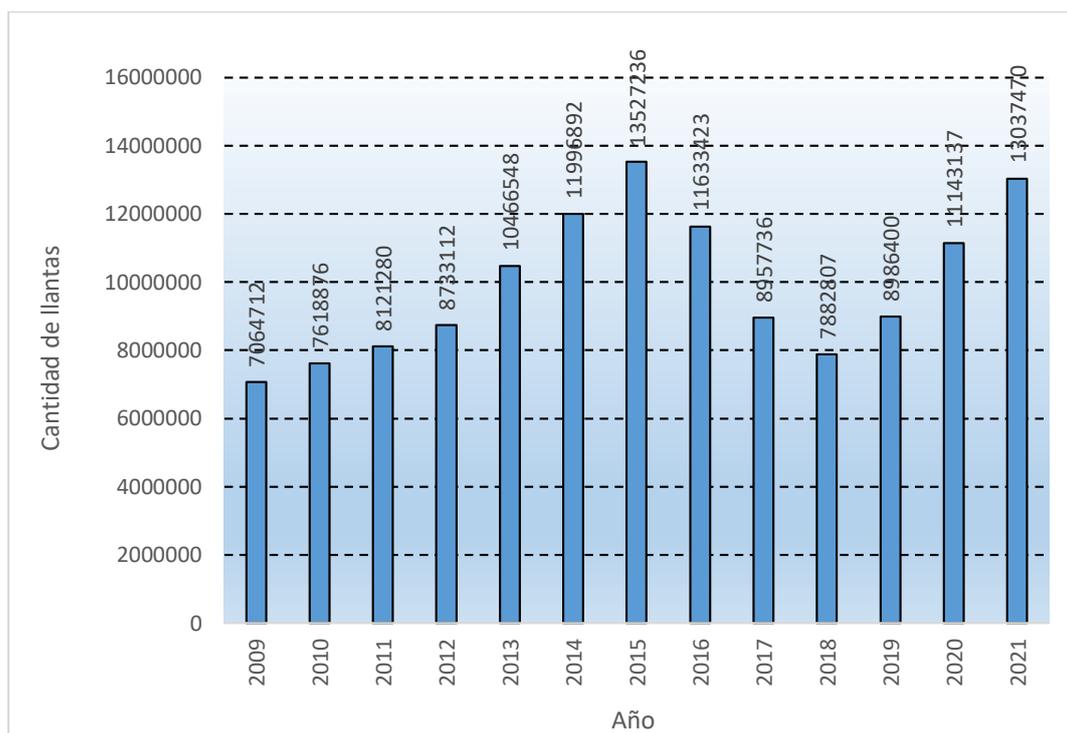


Fuente: Elaboración propia del investigador.

Reciclar un neumático es una acción ecoamigable cuando se realiza en las condiciones técnicas que garantizan su control efectivo que evite el daño ambiental, originalmente se sabe que un neumático por su composición sintética o de caucho tienden a permanecer hasta 1000 años en el ambiente, y no existen elementos físicos, químicos o biológicos que puedan lograr su rápida eliminación, su degradación es lenta, por lo que la necesidad de reciclarlos, es urgente, además que de producirse de forma correcta es un gran aporte a la denominada **economía circular**. Dejar de lado su reciclaje es “perder” recursos como el metal, el caucho natural o sintético que es parte de su composición y que pueden ser reaprovechados. (Martínez, J., 2020).

El material por reciclar en el Perú es de 45 a 50 mil toneladas de neumáticos al año, considerando que el mayor volumen de llantas proviene de las llantas que se emplean en las empresas mineras, en el Perú el movimiento económico por venta de llantas es de US\$ 350 a US\$ 400 millones (Delgado, Goodyear, 2021). Al 2021 se tiene 13 037 470 neumáticos (INEI, 2022).

**Figura N° 4: Llantas existentes en el mercado (INEI, 2021)**



González, J. (2022). Indica que de estas llantas existentes, se sabe que las que se encuentran en desuso en la actualidad son aproximadamente el 14.5% lo que se tiene como referencia que existen más de a 1 millón 890 mil llantas en circulación solo del año próximo pasado que son una potencial fuente de contaminación. Reciclar un neumático empieza en la misma fabricación, puesto que estos productos cuando presentan fallas de producción son separados para ser reciclados, para ser reconvertidos en llantas y de no ser posible, aprovechar el caucho sintético o natural, el acero o las fibras. Ahora los neumáticos usados pueden ser reutilizados o reciclados, y de esta forma, convertirse en otros de más permanencia o vida útil, siendo:

- Pisos seguros en parques infantiles como césped artificial.
- Campos de fútbol o fútbol de césped artificial
- Barreras para aislamiento acústico.
- Elementos decorativos en campos infantiles, parques y jardines.
- Barreras para circuitos automovilísticos o de competencia de vehículos.

- Materia prima para prendas de vestir y complementos.
- Materia prima para elaboración de esculturas y muebles.
- Acero para rieles de tranvías urbanos.
- Guardarieleles.
- Materia prima para productos plásticos como paredes artificiales o divisiones.
- Caucho natural, un combustible secundario que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Componente principal para el asfalto para las carreteras de alto tránsito.

Según Landa, M., (2019). Uno de los pasos más importantes para combatir el cambio climático y el calentamiento global y garantizar un medio ambiente más saludable y limpio es minimizar el daño que puede ocasionar la eliminación inadecuada de llantas. Para lograrlo, se debe fortalecer la economía circular a través del reciclaje y la reutilización de las piezas o materias primas, alargando así la vida útil del producto y trabajando hacia un modelo sostenible de producción y consumo.

Los Métodos de recuperación de neumáticos con calor son:

- a) **Termolisis.** Relación en la que un compuesto se separa de al menos otros dos compuestos cuando se expone a altas temperaturas, al someter las llantas a un calentamiento anaeróbico (sin oxígeno), provocando la ruptura de los enlaces químicos que se forman en la llanta, dando como resultado cadenas de hidrocarburos que son los compuestos originales de la llanta, obteniendo metales, hidrocarburos sólidos y gaseosos que por este proceso se convierten en llantas de segunda vida e insumos para otros productos.
- b) **Pirólisis.** El caucho orgánico o natural del neumático se separa mediante pirólisis, y este proceso produce GAZ, un gas industrial similar al propano y aceite industrial líquido que se refina para usar con acero, coque y diésel. Sin embargo, los metales y vidrios del neumático no se

descomponen químicamente, lo que hace que el calentamiento sea anaeróbico (sin oxígeno).

- c) **Incineración.** Proceso de combustión total de todo lo orgánica hasta convertirlo en cenizas empleando oxidación química en hornos en los que se satura de oxígeno, sin embargo, tiene dificultades en las velocidades de combustión irregulares por la diferencia de los neumáticos, por la presencia no controlada de residuos gaseosos, que deben depurarse, que se emiten en el proceso, generando calor como energía, el riesgo de que si se sale de control, la liberación de gases, incluyendo monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de zinc, óxidos de plomo y hollín con cantidades significativas de hidrocarburos aromáticos policíclicos, que son altamente cancerígenos, así como otros residuos solubles en agua, que entrarían en la cadena alimentaria y finalmente llegar a los humanos, tiene un grave impacto negativo en el medio ambiente.

Los Métodos físicos son los siguientes:

- a) **Trituración criogénica.** - Proceso complejo, costoso y de baja rentabilidad, además de la falta de garantía de obtener sustratos o insumos de calidad, ya que por la metodología no se garantiza pureza en la selección de los productos por los costos y los recursos, que no permite una separación limpia del caucho y del metal, porque no es tan recomendable.
- b) **Trituración física.** Proceso mecánico sin agregados ni químicos, ni de calor, en el que se tritura sucesivamente los neumáticos hasta reducir el tamaño a partículas cada vez más pequeñas y usarlo de varias maneras.
- c) **Conversión de neumáticos en energía eléctrica.** En la misma instalación de reciclaje, el material sobrante se puede convertir en energía eléctrica. Los sobrantes se queman en una caldera para producir vapor a alta temperatura y presión que luego se envía a una turbina, que se mueve para producir energía eléctrica tanto para transformación como para uso directo.

Los Usos posteriores al reciclado, es para Triturar los neumáticos, aún hay trazas de metal con el caucho, por lo que imanes poderosos separan el metal del caucho y eso deja limpio el caucho, el que particulado y limpio tiene muchos usos, como capas asfálticas, evitar el uso de agregados no minerales y proteger los recursos naturales son importantes cuando se fabrican alfombras, aislantes para automóviles, materiales de construcción y césped para campos deportivos, entre otros usos. (González-G, 2019).

Jones, M. (2021) El término "central eléctrica" se refiere a los establecimientos donde la fuerza mecánica de algún tipo se convierte en energía eléctrica. En una planta de energía, las fuentes de energía incluyen agua, gas, uranio, viento y energía sola, todas las cuales son mecánicas de alguna manera. Estas fuentes mecánicas mueven las palas u otros componentes de una turbina, que luego se conecta a un generador eléctrico, como por ejemplo:

- Las células fotovoltaicas convierten la energía solar en energía eléctrica al capturarla.
- Las pilas de combustible o baterías producen energía eléctrica al acumular la energía química que recolectan.
- La fuerza motriz, generada por aire o agua, que mueve espátulas y con ayuda de la turbina, produce energía eléctrica.

Hernández, A. (2018). En cada una de esas instalaciones de una u otra forma se genera la energía eléctrica, entendiéndose que la energía eléctrica tiene diferentes orígenes, como por ejemplo, la fuerza mecánica impulsada por el viento o el agua, todas las centrales eléctricas son un conjunto de herramientas o máquinas que producen electricidad, por lo que consta de dos partes principales: estator y rotor. La energía térmica se produce quemando carbón, gas natural o petróleo; La energía radiactiva se produce mediante la fisión del uranio. Un devanado de cobre interconectado recubre la superficie interna del estator, un cilindro de metal hueco con forma de barril. El estator, que también tiene otro devanado de cobre interconectado

que funciona como un electroimán y recibe una pequeña corriente eléctrica continua de un tercer componente externo conocido como excitador, contiene el rotor, un eje o barra de metal sólido con la capacidad de girar. Cuando este rotor gira a una velocidad de 1.500 o 3.000 rpm, que según los estándares internacionales alcanza una frecuencia de 50 Hz, se genera una fuerza conocida como fuerza electromotriz, que es capaz de suministrar energía eléctrica a cualquier sistema conectado a él. La turbina, el alternador y el excitador están alineados y comparten el mismo eje de rotación.

Hernández, R., et. al. (2013). El término "energía" tiene numerosas definiciones y significados porque deriva de las palabras griegas "enérgeia", que significa "actividad" u "operación", y "energós", que significa "fuerza de acción" o "fuerza de trabajo", todos ellos conectados a la noción de que es un poder para realizar, cambiar o iniciar algo. La energía es un concepto físico que se refiere a la capacidad de un cuerpo o elemento para producir o realizar un trabajo, tecnológicamente o económicamente es un recurso, por lo general natural y que puede ser extraída, captada, transformada para que pueda dar movimiento y trabajo de manera industrial o económico.

Lozano-Castellón, J. el. al. (2018). La Fermentación es el proceso catabólico en la que se produce la oxidación de manera incompleta, de manera anaeróbica por medio de la cual se tiene como resultado un producto final, un compuesto orgánico. La Biomasa es todo conjunto de materiales orgánicos que mediante la fotosíntesis y las cadenas tróficas son producidos de manera natural o antrópica, esta no es otra cosa que la porción biodegradable de cualquier producto orgánico sea obtenido de manera natural o agropecuaria, sea silvicultura, acuicultura, agricultura, pecuaria, este conjunto no es más que materia que es energía producto de un proceso biológico, espontáneo o provocado, esta biomasa es obtenida en labores humanas o naturalmente, otros procesos como los de depuración de lodos, los residuos sólidos urbanos o industriales, en cuanto sean orgánicos son biomasa en la que se degrada y se transforma en energía que se transmite,

al suelo o se puede obtener como biogas, la biomasa se puede obtener por combustión, digestión anaeróbica, gasificación o pirólisis.

López , J. (2020). El Biogas es el resultado de la degradación, fermentación o descomposición de sustratos orgánicos generalmente con ausencia de oxígeno, este tiene como materias primas: residuos agrícolas, detritos o excretas, estiércol de ganado, residuos urbanos domésticos orgánicos, todo lo que sea orgánico, incluida la materia vegetal, las aguas residuales, los lodos, los desechos verdes y los desechos de alimentos, se puede utilizar como fuente de energía química que se transformará en biogás. El biogás se crea mediante digestión anaeróbica con bacterias anaeróbicas y consiste principalmente en gases metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) con cantidades menores de sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), junto con humedad y siloxanos. ( $\text{CO}$ ) son inflamables o se oxida al contacto con el oxígeno, esta permite que sea empleado como combustible, con cualquier propósito inclusive industrial, generando electricidad o calor, inclusive para producir movimiento en vehículos de motor y puede tener la posibilidad en el futuro de reemplazar hasta el 17% de los combustibles actuales, su mayor cualidad se puede limpiar cuando es biometano.

Cárdenas, D. A. (2012). La bioenergía, también conocida como energía de biomasa, es un tipo de energía renovable que se deriva de materia orgánica e industrial que ha sufrido algún tipo de transformación biológica o mecánica. Se obtiene a partir de los productos de desecho o subproductos de las sustancias que componen los seres vivos, como plantas, humanos y animales, entre otros, existen muchas formas de aprovecharlos, por combustión es la forma directa, por ingestión que se modifica en el cuerpo receptor pero sigue energía en transmisión a través de una cadena, hoy existen los denominados biocarburantes: combustibles que provienen de fuentes biológicas, la bioenergía proviene de la biomasa, y se entiende que es un biocombustible, hoy que existe tantas necesidades y problemas ambientales es una posibilidad que se viene convirtiendo en tendencia en el mundo entero, con mayor interés en Europa y América del Norte.

La respiración anaeróbica, la oxidación de moléculas en ausencia de oxígeno, la oxidación anaeróbica o la oxidación de amonio (anammox), un proceso microbiano que combina amonio y nitrito y propulsión anaeróbica y propulsión, son todos ejemplos de respiración anaeróbica. La digestión anaeróbica es la intervención de la materia orgánica por bacterias, sin oxígeno, que no necesitan oxígeno para crecer.

González, A.( 2020) El impacto ambiental es el resultado de la actividad humana sobre el medio ambiente o entorno inmediato, ya sea positivo o negativo, objetivamente es toda alteración que el entorno sufre como producto de una determinada acción natural o antrópica, que puede llegar a niveles catastróficos, la ciencia que mide o evalúa estos impactos es la ecología de ser positivo se procura canalizarlo y en cuanto es posible emplearlo y si es negativo tratar de minimizarlo, aun cuando la acción antrópica es favorable, hay condiciones básicas que pueden generar en el proceso algunos daños, la evaluación de impacto ambiental (EIA) es un proceso que identifica y evalúa cómo ciertos proyectos afectarán el entorno físico y social en el que se planean, por lo general, las consecuencias negativas para el ambiente, pero también se incluye la posibilidad de mitigar esos hechos.

Silva, M. (2018). Todos los productos y servicios tangibles que se encuentran, se derivan o se extraen de la naturaleza se denominan recursos naturales. Son recursos que pueden ser utilizados por los seres vivos, especialmente por los humanos, para lograr el bienestar y el desarrollo, ya sea de forma directa (materias primas, minerales y recursos alimentarios) o indirectamente (servicios ecológicos esenciales para la continuación de la vida en el planeta, tales como como agua, aire, suelo, energía solar, etc.).

Pérez, J. (2021). Actualmente los combustibles fósiles son consumidos por los más de Siete mil novecientos millones de habitantes en el planeta y cada vez estos recursos tienden a ser menos, inclusive se sabe cuántos años quedan para que el petróleo, el gas, el carbón se extingan definitivamente,

según la teoría de que los humanos consumen lo que la naturaleza produce en un millón de años, estas reservas de combustibles fósiles se agotan casi por completo en menos de 200 años, quedando solo el carbón mineral como última fuente, el primero será el petróleo y luego el gas. Cuando los combustibles fósiles se queman, liberan una gran cantidad de óxidos de azufre y nitrógeno a la atmósfera, donde son activados por el radical OH y precipitan como ácidos sulfúrico y nítrico, aumentando la acidificación del agua en general. A esto se le conoce como lluvia ácida, y cuando llueve daña la vegetación, crea mucha contaminación en el suelo y el agua, y corrompe todas las estructuras, causando daños importantes.

Rossi, M. (2021). Si no existiera la temperatura media de la atmósfera, la vida no sería posible o existiría de otra forma. Uno de estos gases es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), y cuantos más combustibles fósiles se queman, más CO<sub>2</sub> se emite a la atmósfera. El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico en el que el calor se retiene entre el suelo y el nivel medio de la atmósfera, duplicándose su presencia en la atmósfera, generándose una alteración que se entiende como calentamiento global que se acelera y ya se tiene algunas señales como la elevación de las aguas del mar, tormentas cada vez más catastróficas y sequías en diferentes zonas de la tierra.

Pérez, J. (2019). Existe muchos hechos que generan un constante enfrentamiento y crisis entre los países llamados capitalistas y los tercermundistas o en vías de desarrollo que debido a sus limitaciones se ven afectados, algunos solo son fuente de insumos primarios o materia prima, y otros que tienen capacidad instalada para transformar y dar valor agregado a todo, que tienen la posibilidad de investigar y producir a escalas muy grandes y eso genera poder económico que genera dominio y en ocasiones atropellos o daños, entonces existen tensiones sociales, no solo a nivel de países, sino de comunidades con el Estado que los gobierna, por lo general hoy se preocupan más por el ambiente y el daño existente, el escenario del déficit energético amplía esa tensión ya que el escenario es poco tranquilizador para el equilibrio social y político mundial, estas son situaciones insostenibles, por lo que para liberar estas tensiones existentes

se hace urgente y necesario buscar alternativas que puedan mejorar las estructuras energéticas, dejando de lado los combustibles fósiles y aprovechando las fuerzas mecánicas como el aire o viento y la radiación solar, esta nueva era en la que se asuma una nueva diversificación energética en las que se empleen las fuerzas renovables más limpias e inacabables.

Smith, J. (2020). Todo lo que se genera como producto del consumo o actividad del hombre se entiende como un residuo, estos pueden ser orgánicos o inorgánicos, y requieren de un manejo eficiente para poder controlar su acumulación, ya que el manejo erróneo causa daño en el ambiente, menos porque las políticas y marcos legales no son eficientes y no ayudan a mejorar la gestión de los mismos, existen actores como el que genera, el que procesa o administra y el que fiscaliza ambos procesos. La Eficiencia es la capacidad que se tiene para lograr las metas empleando de manera óptima los recursos: tiempo, horas/hombre, insumos y otros, lo energético sería lograr energía con el menor esfuerzo posible, ambiental sería que las condiciones sean favorables y su aprovechamiento sostenible y racional en favor de los que lo emplean como los que lo proveen.

Vink, S. (2019) Saturación de elementos físicos, químicos o biológicos en el ambiente que producen alteraciones negativas para los seres vivos en general, debido a las actividades antrópicas y en mínima proporción por efectos naturales, principalmente son las actividades mineras, industriales o fabriles la que más daño producen, pero es la actividad doméstica la que tiende a causar daño en el ambiente, es urgente tomar medidas para cambiar las prácticas de vida de las personas pues sus actividades generan toda serie de contaminantes o situaciones contaminantes que están dañando la naturaleza, el ambiente y las personas, no se pueden eliminar, pero si suprimir o minimizar actuando con objetividad, con racionalidad, con idoneidad, pero sobre todo con eficiencia.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.**

##### **3.1.1. Tipo de investigación.**

La investigación a realizar es del tipo aplicado, conocida como “investigación empírica o práctica” se caracteriza por la aplicación o aprovechamiento de conocimientos obtenidos, mientras que otros se obtienen luego de sistematiza implementar prácticas basadas en la investigación (Mat, 2018, p.92)

##### **3.1.2. Diseño de investigación.**

Pre Experimental: Pre test – Post test.

Se recolectaron datos sobre las condiciones y aspectos relacionados con la problemática de los neumáticos en una empresa, y a partir de ello se dispuso una propuesta de disposición, determinando los cálculos en favor del control y reciclaje de los neumáticos.

$O_1 \quad X \quad O_2$

Donde:  $O_1$  = Diagnóstico de neumáticos.

$X$  = Disposición eficiente.

$O_2$  = Resultado de la disposición de neumáticos.

#### **3.2. Variables y operacionalización.**

Luego se visualiza la matriz de categorización correspondiente a la propuesta de investigación.

**Tabla N° 5: Matriz de operacionalización de variables.**

Variable	Definición conceptual	Operacional	Indicadores	Ítems	Unidad de medida
Disposición Ecoeficiente de los Neumáticos en Desuso	Es la forma en que se manejan los neumáticos de desecho para minimizar el impacto ambiental y maximizar su reutilización.	Tipo de reciclaje (mecánico, químico, térmico), destino de los neumáticos (venta, reutilización, disposición final), porcentaje de neumáticos reciclados y reutilizados.	Volumen	Densidad	t/m <sup>3</sup>
				Peso	Tm
			Cantidad		Número de llantas
				Naturaleza	Orgánica
			Inorgánica		Número de llantas
			Características	Color	Negro a Plomo
				Textura	Liso a áspero
				Granulado	Cm
			Componentes	Caucho	Tm
				Fibra de nylon	Tm
Metales	Tm				
Empresa de Transportes en Lima	Es la organización que se encarga de brindar servicios de transporte en Lima.	Tamaño de la empresa, número de vehículos, tipo de transporte, trayectoria de la empresa.	Tamaño de la empresa (pequeña, mediana, grande), número de vehículos, tipo de transporte (terrestre, marítimo, aéreo), trayectoria de la empresa.	Estructura	Compacta a flexible
				Dimensión	Grande a pequeño

Fuente: Elaboración propia

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

Empresa de Transportes público de Lima Metropolitana.

La empresa recorre la ciudad desde Mercado Ceres (Ate – Vitarte) hasta Canta - Callao. El estudio no se realiza en el recorrido, solo en el patio de operaciones de la empresa para poder apreciar la disposición de los neumáticos por parte de las unidades vehiculares, cubre dos rutas: 4905 y OM16.

#### **3.3.1 Muestra**

Neumáticos fuera de uso de la Empresa de Transportes Urbano de pasajeros de Lima.

### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.4.1. Técnicas de la investigación.**

- Seguimiento.
- Análisis de documentos.

#### **3.4.2. Instrumentos de la investigación.**

- Formulario de inscripción.
- Fuente.
- Visualización anterior.
- Consejos de acción.
- Lista.
- Hojas de cálculo.

### **3.5. PROCEDIMIENTOS.**

- a) Seleccionar lugares de entrega de llantas que hayan llegado al final de su vida útil. (NFU).
- b) Ubicación del punto de acopio principal
- c) Ubicación del triturador mecánico.
- d) Recolección de los NFU.
- e) Procesamiento: medición y utilización.
- f) Distribución según destino: trituración mecánica o reuso.

### **3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS**

Con mediciones directas de frecuencia y porcentaje, los valores propios de las estadísticas fundamentales o elementales se utilizan en el presente estudio., por medio de ellos los datos son procesados y ordenados en tablas y gráficas, las que se analizaron y se presentaron en el presente documento, para poder expresar los hallazgos, que no sería otra cosa que los resultados que son fácilmente comprendidos.

### **3.7. ASPECTOS ÉTICOS**

La empresa que nos suministró la información, pero pidió que se mantuviera en secreto su personalidad jurídica, de la cual se extrajeron los datos y se obtuvieron los resultados, solicitó que la información se mantuviera confidencial. Los datos son procesados por el software Turnitin, que determina la idoneidad y originalidad del trabajo.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.**

El potencial de los NFU es importante está reconocido su valor económico en un modelo de economía circular, ya que es un producto de alta demanda, rentabilidad y movimiento, aun cuando está fuera de uso, en la empresa materia del estudio, para poder comprender que existen diversos parámetros para los vehículos, como el paso del tiempo, entre 5 a 6 años es la vida útil en rodamiento de una llanta, siempre y cuando no haya sufrido escoriaciones, roturas, desgaste sobre todo de los bordes, el segundo criterio es que de cada 50000 km se debe cambiar la llanta, siempre y cuando su movimiento sea regular y uniforme, dado el caso de estas unidades, que tienen desgaste propio por las paradas, detenimientos, variabilidad de los pesos, cambios de velocidad y otros por la naturaleza de su trabajo, se tiene un cuenta un 10% menos del recorrido estimado, con la consideración de la permanente revisión para apreciar que estén en buenas condiciones, sobre todo los bordes o bandas, para poderlas identificar se tiene que realizar un análisis entre NFU deterioradas y desgastadas, las primeras por su forma van a trituración mecánica y las segundas a reuso para piezas, bordes, barreras, entre otros, y en esas condiciones las de reuso pueden tener siglos en esa condición.

#### **4.1.1. Condiciones de los neumáticos fuera de uso.**

El estudio se realizó con las siguientes fases:

- a) Cantidad de vehículos que reemplazan neumáticos,
- b) Determinación de datos de los NFU: Cantidad, peso, deterioradas, desgastadas y
- c) Componentes a obtener: Caucho, negro de carbón, acero, fibra textil, óxido de zinc, azufre y otros.

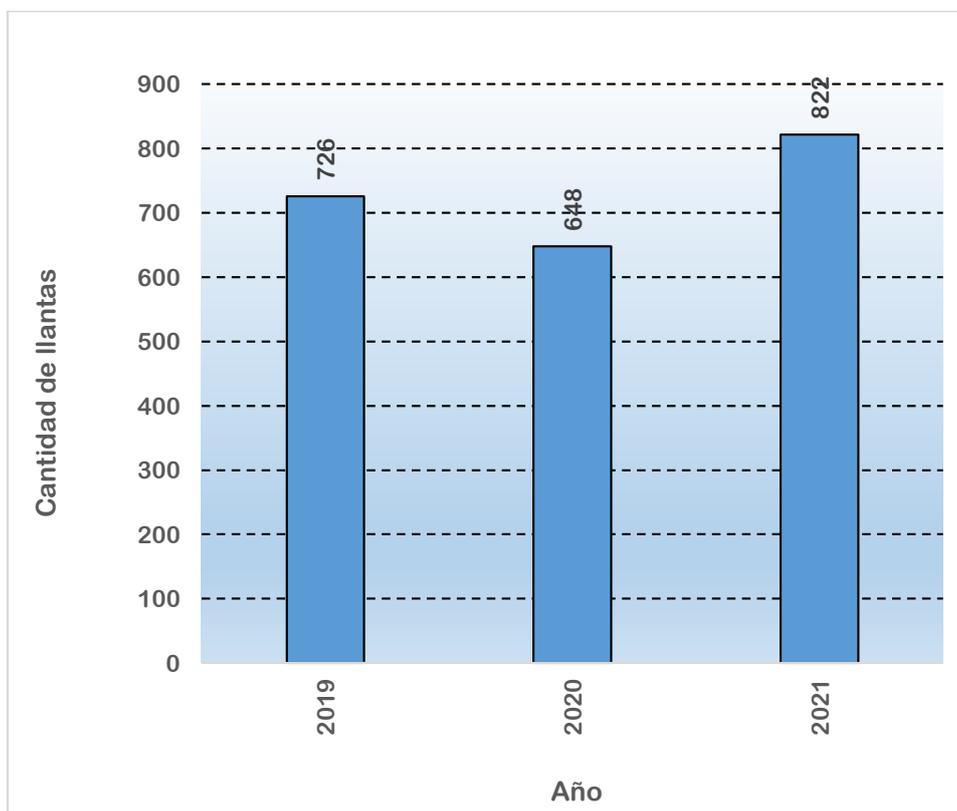
Para la determinación de datos se emplearon tablas y gráficas para mostrar los mismos:

**Tabla 6: Cantidad de llantas reemplazadas**

Año	Buses	Llantas
2019	121	726
2020	108	648
2021	137	822
<b>Totales</b>	<b>366</b>	<b>2 196</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 5: Cantidad de llantas reemplazadas por año.**



**Comentario:**

Se puede apreciar que en los años registrados en la Empresa de Transportes se tiene un dato adicional que son una cantidad de buses que cambian por año sus llantas, recordando que por lo general son paquetes de llantas o neumáticos, y estos dependen principalmente por la decisión del

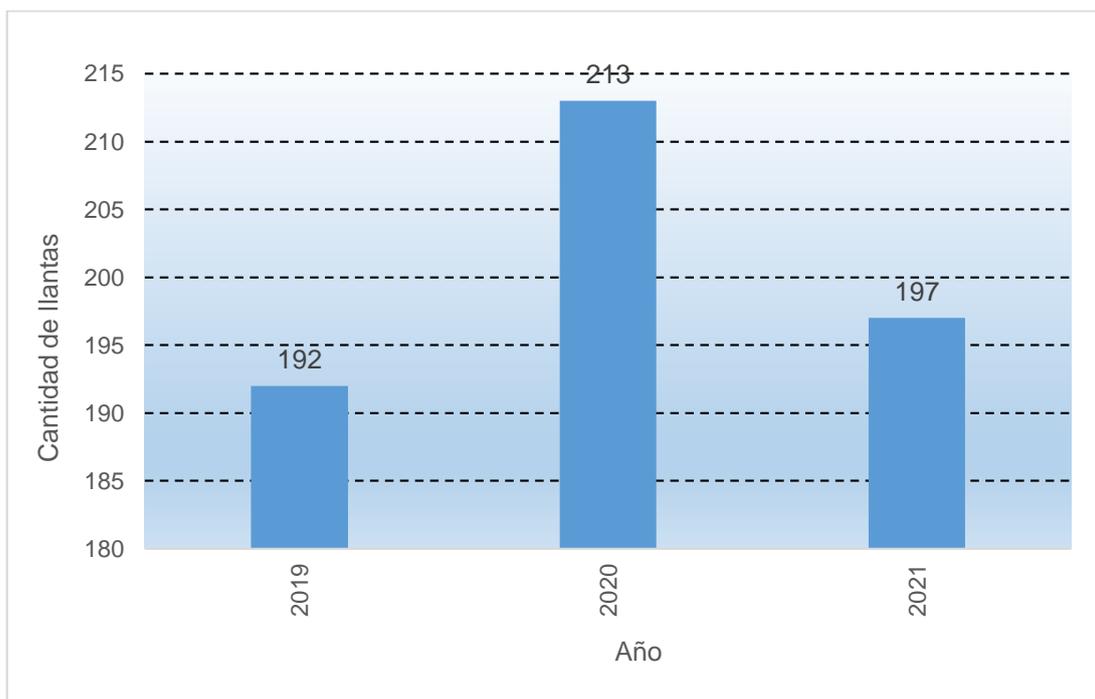
propietario o el chofer, el 2019 fueron 726 llantas para 121 buses, el 2020 fueron 648 llantas para 108 buses y el 2021 fueron 822 llantas para 137 buses.

**Tabla 7: Llantas expresadas en toneladas**

Año	Deterioradas		Desgastadas	
	Llantas	Toneladas	Llantas	Toneladas
2019	192	4.37	534	12.15
2020	213	4.85	435	9.90
2021	197	4.48	625	14.23
Totales	602	13.70	1594	36.28

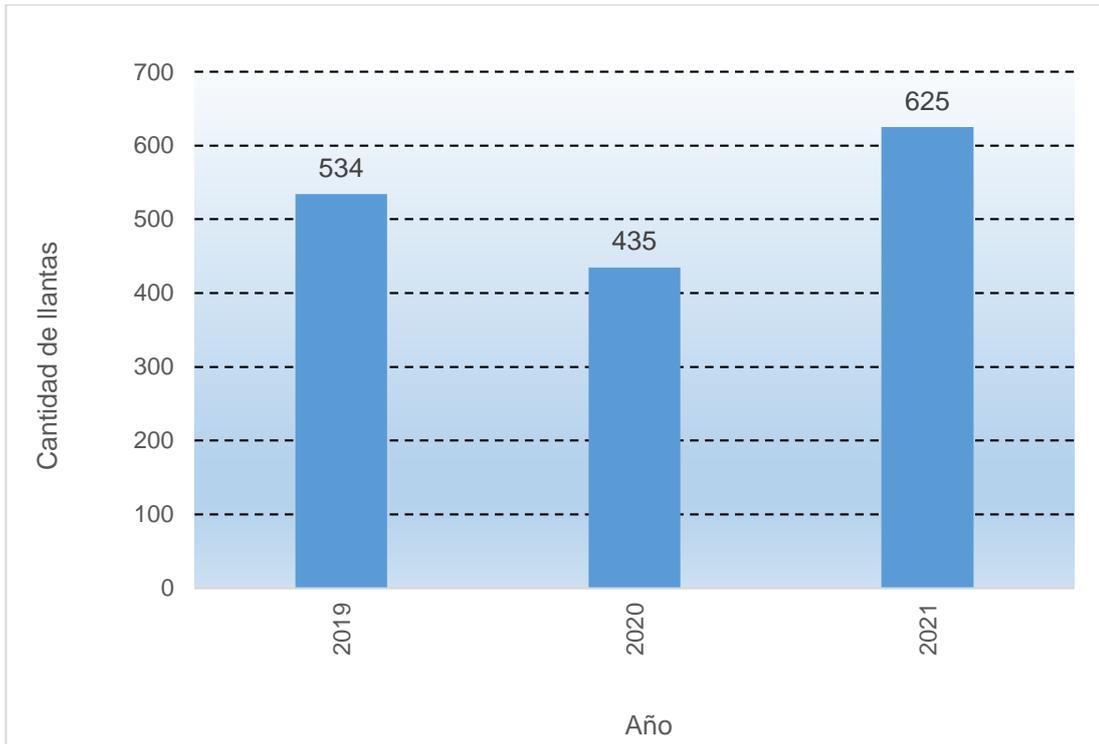
**Fuente: Elaboración propia con registro documental de la empresa.**

**Figura 6: Cantidad de NFU deterioradas**



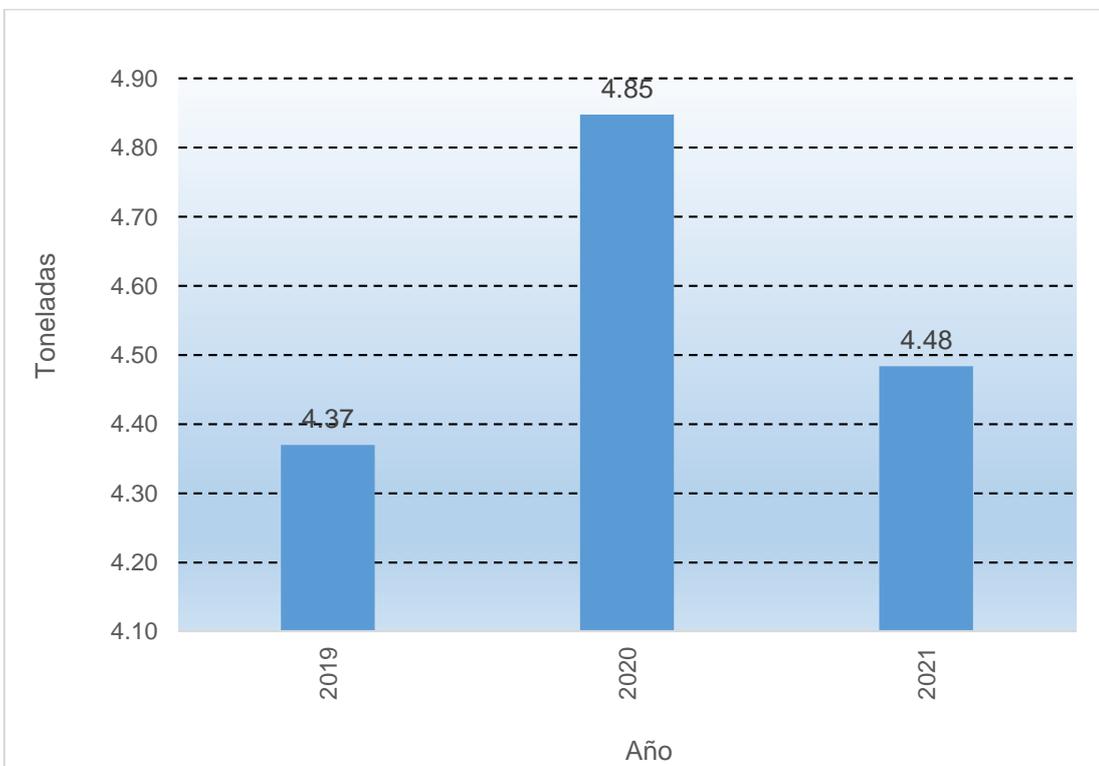
**Fuente: Registro documental de la empresa.**

**Figura 7: Cantidad de NFU desgastadas**



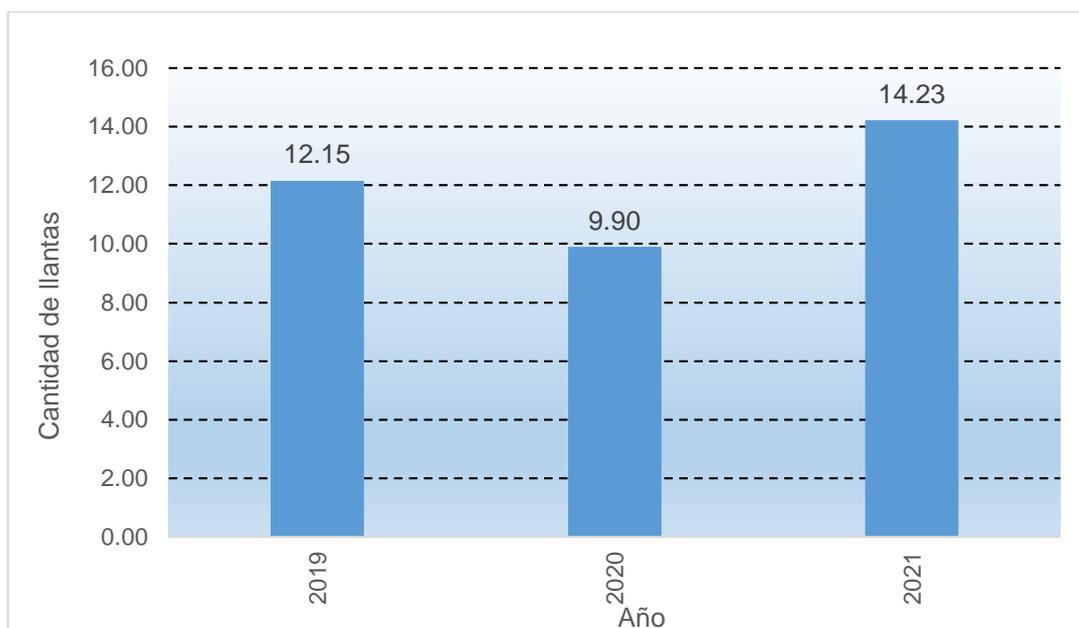
**Fuente: Registro documental de la empresa.**

**Figura 8: Porcentaje de NFU deterioradas**



**Fuente: Registro documental de la empresa.**

**Figura 9: Porcentaje de NFU desgastadas**



**Fuente: Registro documental de la empresa.**

**Comentario:**

Se puede apreciar que las llantas reemplazadas, generaron neumáticos que existe un porcentaje de llantas deterioradas, llámese fuera de uso, es decir desechadas para que puedan ser reusadas (no como llantas) o recicladas, las que en toneladas reflejan para el año 2019: 16,52 toneladas, 2020: 14,75 toneladas y el 2021: 18,71 toneladas, en total se tiene acumulado en los tres últimos años 49.95 toneladas de llantas en desuso en diferentes condiciones: desgastadas y deterioradas.

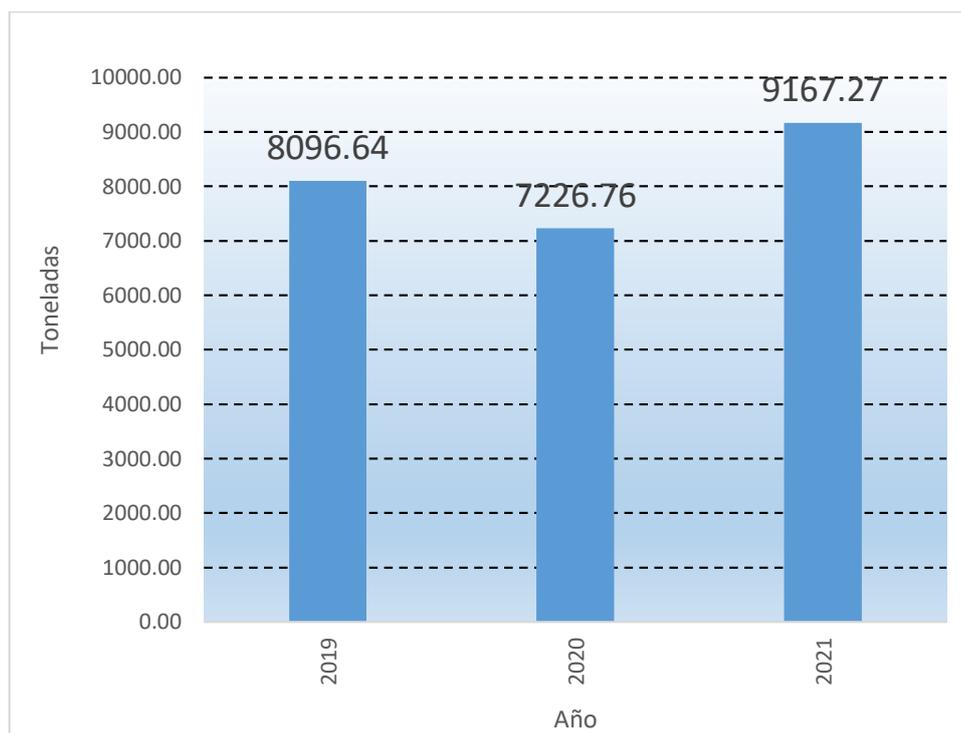
**4.1.2. Componentes de los NFU.**

**Tabla 8: Cantidad de caucho en las llantas**

Año	Caucho
2019	8 096.64
2020	7 226.76
2021	9 167.27
Totales	24 490.67

Fuente: Análisis documental

**Figura N° 10: Cantidad de caucho de las llantas reemplazadas.**



**Comentario:**

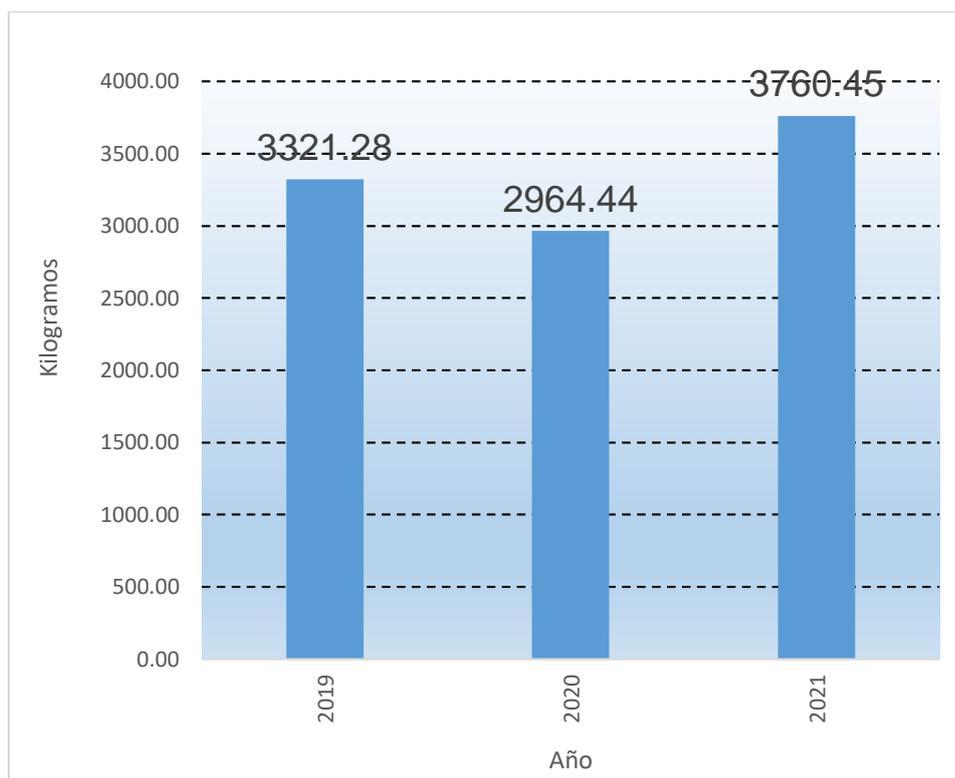
Se puede apreciar que en los años registrados en la Empresa de Transportes se tiene un dato adicional que son una cantidad de buses que cambian por año sus llantas, recordando que por lo general son paquetes de llantas o neumáticos, y estos dependen principalmente por la decisión del propietario o el chofer, el 2019 fueron cerca de 8 096.64 kg de caucho, el 2020 se obtuvo 7226.76 kg de caucho y el 2021 se obtuvo 9 167.27 kg de caucho.

**Tabla 9: Cantidad de negro de humo en las llantas**

Año	Caucho
2019	3 321.28
2020	2 964.44
2021	3 760.45
Totales	10 046.17

Fuente: Análisis documentario

**Figura N° 11: Cantidad de negro de carbón de las llantas reemplazadas.**



**Comentario:**

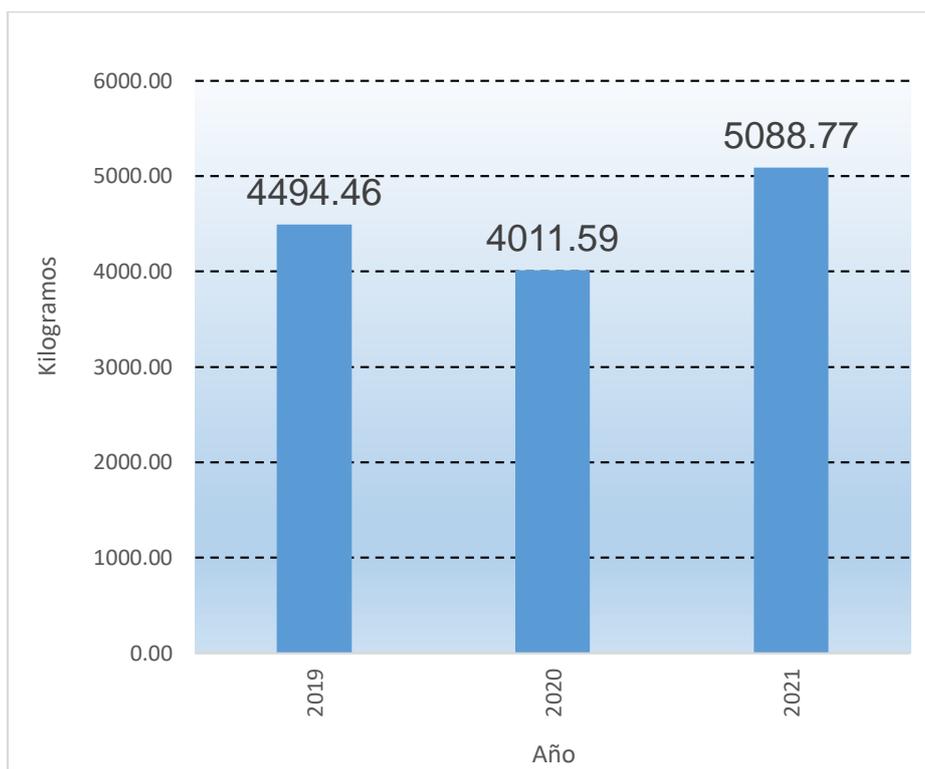
Se puede apreciar que en los años registrados en la Empresa de Transportes se tiene un dato adicional que son una cantidad de buses que cambian por año sus llantas, recordando que por lo general son paquetes de llantas o neumáticos, y estos dependen principalmente por la decisión del propietario o el chofer, el 2019 fueron 3 321.28 kg de negro de carbón, el 2020 Se obtuvo 2 964.44 kg de negro de carbón y el 2021 se obtuvo 3 760.45 kg de negro de carbón.

**Tabla 10: Cantidad de acero en las llantas**

Año	Acero
2019	4 494.46
2020	4 011.59
2021	5 088.77
Totales	13 594.82

Fuente: Análisis documentario

**Figura N° 12: Cantidad de acero de las llantas reemplazadas.**



**Comentario:**

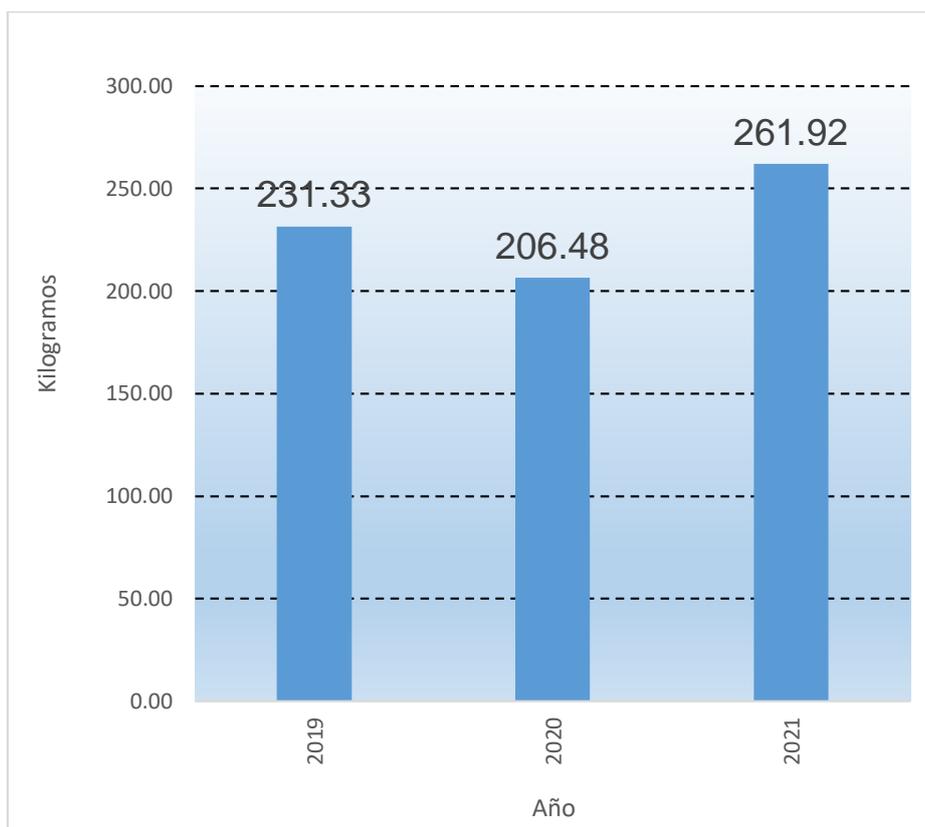
Se puede apreciar que en los años registrados en la Empresa de Transportes se tiene un dato adicional que son una cantidad de buses que cambian por año sus llantas, recordando que por lo general son paquetes de llantas o neumáticos, y estos dependen principalmente por la decisión del propietario o el chofer, el 2019 se obtuvo 4 494.46 kg de acero, el 2020 se obtuvo 4 011.59 kg de acero y el 2021 se obtuvo 5 088.77 kg de acero.

**Tabla 11: Cantidad de fibra textil en las llantas**

Año	Fibra textil
2019	231.33
2020	206.48
2021	261.92
Totales	699.73

Fuente: Análisis documentario

**Figura N° 13: Cantidad de fibra textil de las llantas reemplazadas.**



**Comentario:**

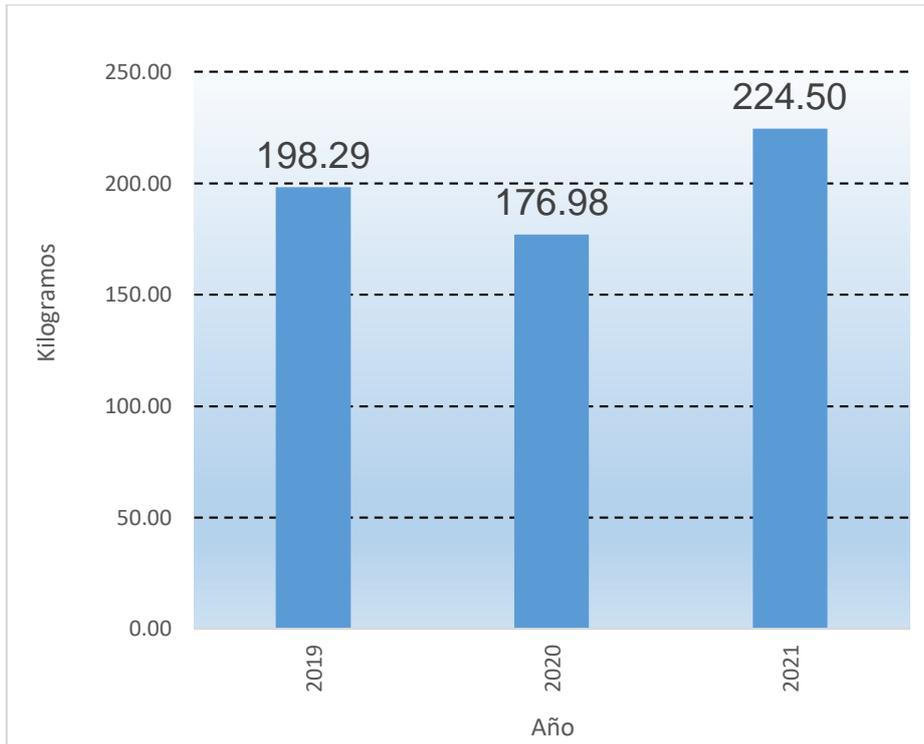
Se puede apreciar que en los años registrados en la Empresa de Transportes se tiene un dato adicional que son una cantidad de buses que cambian por año sus llantas, recordando que por lo general son paquetes de llantas o neumáticos, y estos dependen principalmente por la decisión del propietario o el chofer, el 2019 se obtuvo 231.33 kg de fibra textil, el 2020 se obtuvo 206.48 kg de fibra textil y el 2021 se obtuvo 261.92 kg de fibra textil.

**Tabla 12: Cantidad de óxido de zinc en las llantas**

Año	Óxido de zinc
2019	198.29
2020	176.98
2021	224.50
Totales	599.77

Fuente: elaboración propia

**Figura N° 14: Cantidad de óxido de zinc de las llantas reemplazadas.**



**Comentario:**

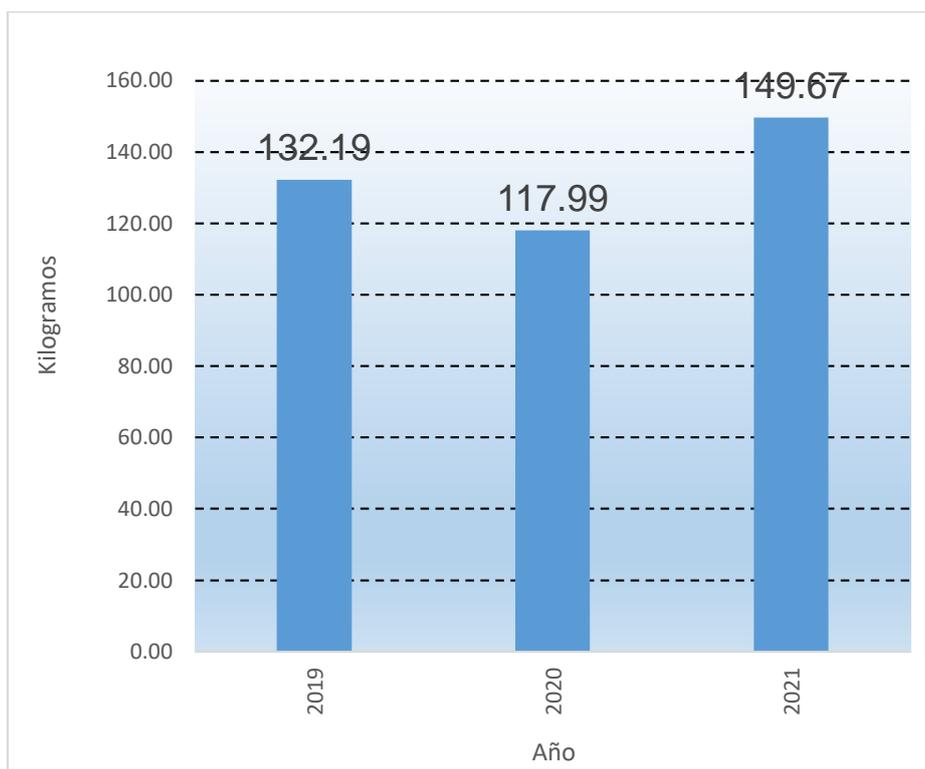
Se puede apreciar que en los años registrados en la Empresa de Transportes se tiene un dato adicional que son una cantidad de buses que cambian por año sus llantas, recordando que por lo general son paquetes de llantas o neumáticos, y estos dependen principalmente por la decisión del propietario o el chofer, el 2019 se obtuvo 198.29 kg de óxido de zinc, el 2020 se obtuvo 176.98 kg de óxido de zinc y el 2021 se obtuvo 224.50 kg de óxido de zinc.

**Tabla 13: Cantidad de azufre en las llantas**

Año	Azufre
2019	132.19
2020	117.99
2021	149.67
Totales	399.85

Fuente: elaboración propia

**Figura N° 15: Cantidad de azufre de las llantas reemplazadas.**



**Comentario:**

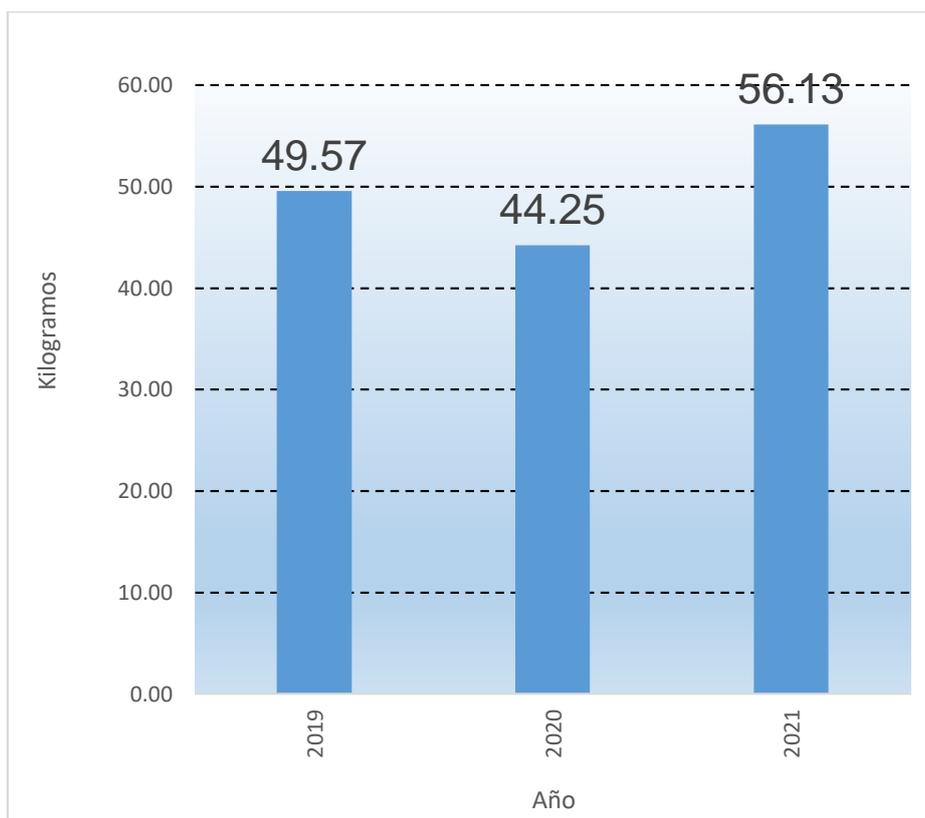
Se puede apreciar que en los años registrados en la Empresa de Transportes se tiene un dato adicional que son una cantidad de buses que cambian por año sus llantas, recordando que por lo general son paquetes de llantas o neumáticos, y estos dependen principalmente por la decisión del propietario o el chofer, el 2019 se obtuvo 132.19 kg de azufre, el 2020 se obtuvo 117.99 kg de azufre y el 2021 se obtuvo 149.67 kg de azufre.

**Tabla 14: Cantidad de otros materiales en las llantas**

Año	Azufre
2019	132.19
2020	117.99
2021	149.67
Totales	399.85

Fuente: elaboración propia

**Figura N° 16: Cantidad de otros materiales de las llantas reemplazadas.**



**Comentario:**

Se puede apreciar que en los años registrados en la Empresa de Transportes se tiene un dato adicional que son una cantidad de buses que cambian por año sus llantas, recordando que por lo general son paquetes de llantas o neumáticos, y estos dependen principalmente por la decisión del propietario o el chofer, el 2019 se obtuvo 49.57 kg de otros materiales, el 2020 se obtuvo 44.25 kg de otros materiales y el 2021 se obtuvo 56.13 kg de otros materiales.

**4.1.3. Valor del reciclado o reusado**

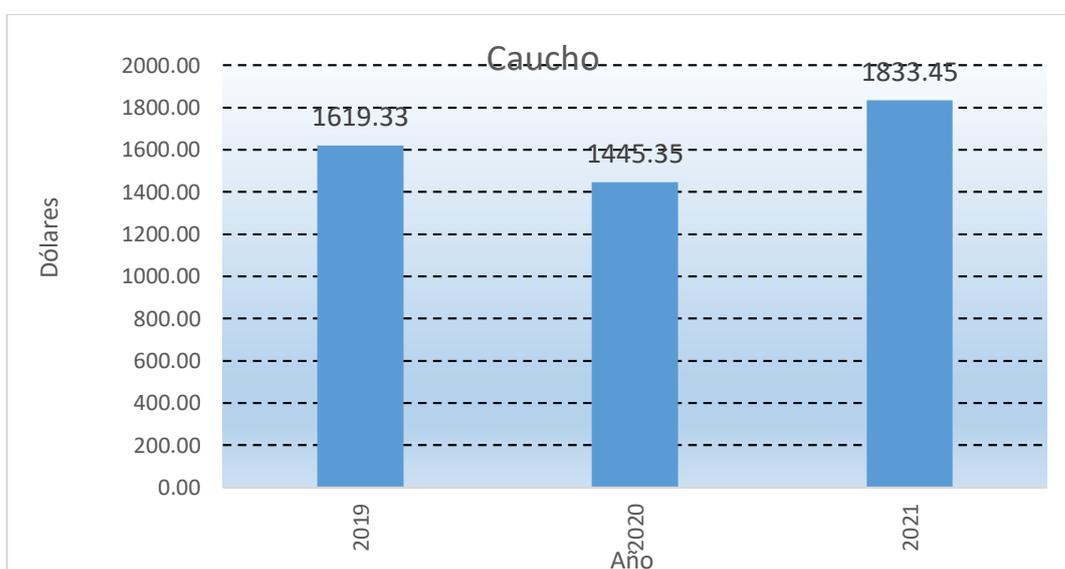
En el mercado se cotiza a diferentes precios los productos que se obtiene de los neumáticos fuera de uso, usando referencias comerciales se presenta las posibilidades en los casos de mayor volumen.

**Tabla 15: Valor del caucho reciclado (200\$ la Tm a partir de 10 Tm)**

Año	Peso	Valor en dólares
2019	8096.64	1619.33
2020	7226.76	1445.35
2021	9167.27	1833.45
Totales	24 490.67	4 898.13

Fuente: elaboración propia

**Figura N° 17: Valor en dólares del caucho obtenido por las llantas recicladas.**



**Comentario:**

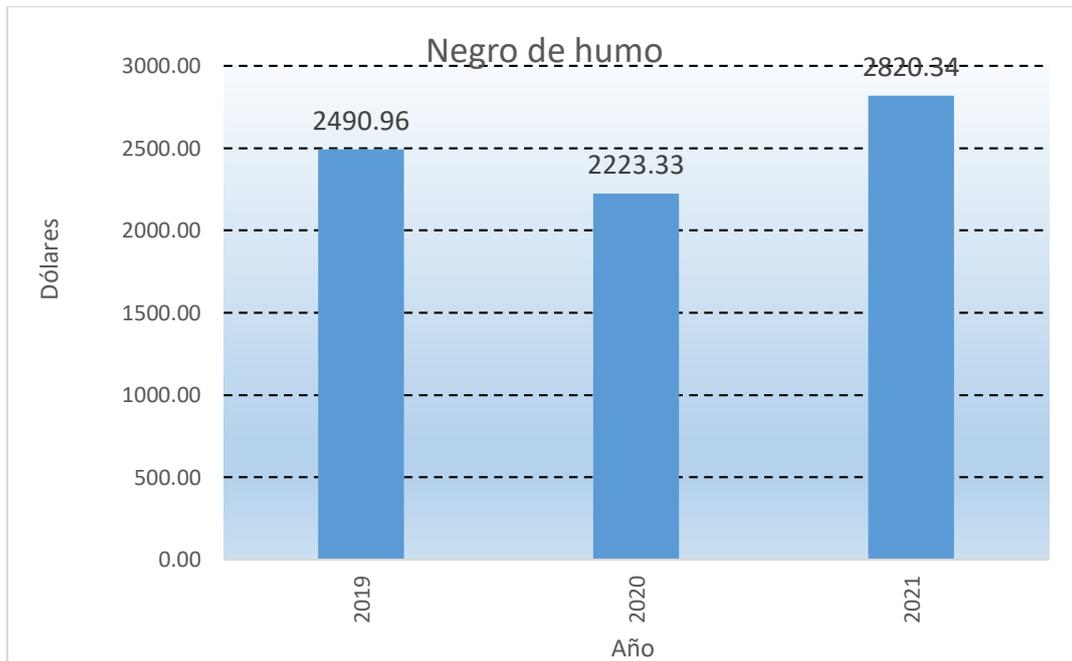
Respecto a la comercialización de lo reciclado, si se vendiera el producto al costo del mercado, al 2019 se hubiera obtenido 1 619.35\$, al 2020 se hubiera obtenido 1 445.35, al 2021 se hubiera obtenido 1 833.45\$ en total a lo acumulado, de ser reciclado y obtenido el caucho se tendría 4 898.13\$.

**Tabla 16: Valor del negro de humo (0.75\$ el kg a partir de 10 kg)**

Año	Peso	Valor en dólares
2019	3321.28	2490.96
2020	2964.44	2223.33
2021	3760.45	2820.34
Totales	10046.17	7534.63

Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 18: Valor del negro de humo obtenido de las llantas recicladas.**



**Comentario:**

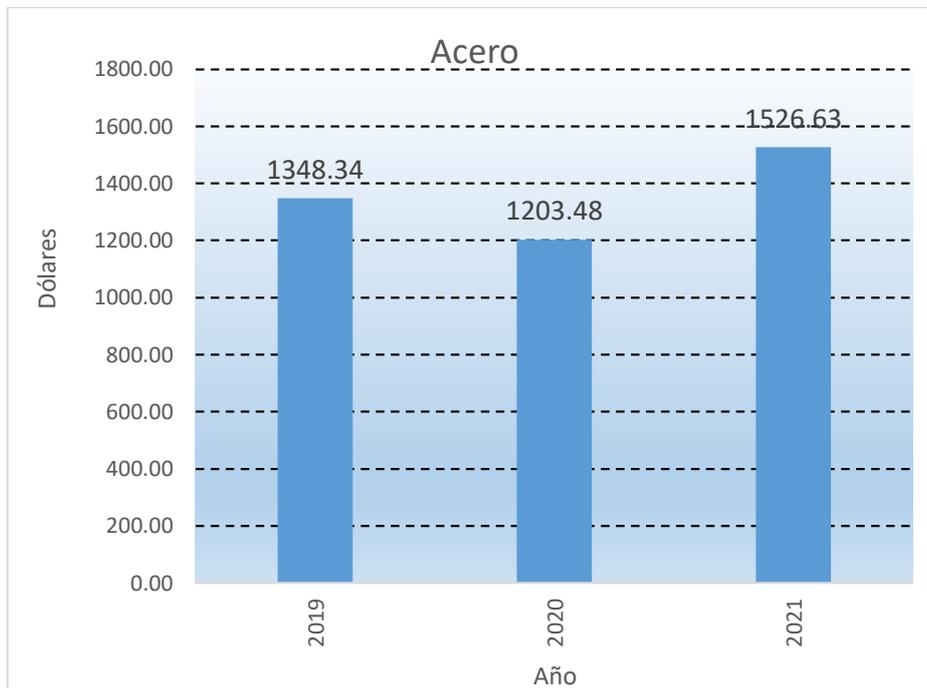
Respecto a la comercialización de lo reciclado, si se vendiera el producto al costo del mercado, al 2019 se hubiera obtenido 2 490.96\$, al 2020 se hubiera obtenido 2 223.33, al 2021 se hubiera obtenido 2 820.34\$ en total a lo acumulado, de ser reciclado y obtenido el caucho se tendría 7 534.63\$.

**Tabla 17: Valor del Acero (0.30\$ el kg a partir de 10 kg)**

Año	Peso	Valor en dólares
2019	4494.46	1348.34
2020	4011.59	1203.48
2021	5088.77	1526.63
Totales	13594.82	4078.45

Fuente: elaboración propia.

**Figura N° 19: Valor en dólares del acero obtenido de las llantas recicladas.**



**Comentario:**

Respecto a la comercialización de lo reciclado, si se vendiera el producto al costo del mercado, al 2019 se hubiera obtenido 1 348.34\$, al 2020 se hubiera obtenido 1 203.48, al 2021 se hubiera obtenido 1 526.63\$ en total a lo acumulado, de ser reciclado y obtenido el caucho se tendría 4 078.45\$.

## **V. DISCUSIÓN.**

En esta tesis se destaca el proceso organizado y motivador utilizado para la disposición de llantas usadas en una empresa de transporte de Lima, que incluye una planta de recuperación de componentes mediante la trituración mecánica. Además, se enfatiza la importancia de obtener componentes como el caucho recuperado, el negro de carbón y el acero o metal, que tienen demanda tanto en el mercado nacional como internacional, lo que puede generar ingresos adicionales para la empresa.

El estudio del potencial de los neumáticos fuera de uso (NFU) en un modelo de economía circular es un tema de gran relevancia en la actualidad. Según varios autores, los NFU representan un importante problema ambiental debido a su volumen, composición y peligrosidad, y su correcto manejo es fundamental para minimizar su impacto negativo en el medio ambiente (Fernández-Plazas et al., 2020; Hossain et al., 2021). Sin embargo, también se reconoce que los NFU tienen un gran potencial económico y pueden ser utilizados como materia prima en diversos procesos productivos, lo que les da un valor importante en un modelo de economía circular (Kabir et al., 2021). Los resultados obtenidos en la Empresa de Transportes muestran una tendencia al aumento del peso de acero y caucho generados a través del cambio de llantas de los buses en los últimos tres años. Además, se evidencia la presencia de una cantidad significativa de llantas en desuso, las cuales pueden ser destinadas a reutilización o reciclaje.

La generación de residuos de llantas en la industria del transporte es un tema preocupante a nivel mundial debido a su impacto ambiental y sanitario. Según la literatura científica, las llantas en desuso pueden ser fuente de contaminación y riesgos para la salud pública debido a su capacidad de acumular agua y ser criaderos de mosquitos, lo que puede llevar a la propagación de enfermedades infecciosas como el dengue y la malaria (Lefebvre et al., 2015).

Por otro lado, el reciclaje de llantas puede ser una opción sostenible y rentable para reducir el impacto ambiental de su disposición final. En este sentido, existen diversas tecnologías y métodos para el reciclaje de llantas que pueden generar productos útiles y valiosos, como asfalto modificado, combustibles y materiales para la construcción (Karamanis et al., 2018).

Al contrastar los resultados obtenidos con resultados de otros autores, se encuentra que el uso de plantas de reciclaje de llantas para la recuperación de componentes ha sido estudiado en varios países, como México, Brasil y España. Por ejemplo, en un estudio realizado en México por Pérez-González et al. (2016), se demostró que el reciclaje de neumáticos puede generar beneficios económicos y ambientales, ya que se pueden obtener productos con un valor agregado, como el asfalto modificado con caucho.

Asimismo, en un estudio realizado en Brasil por dos Santos et al. (2018), se encontró que el reciclaje de neumáticos es una opción viable para la gestión de residuos sólidos urbanos, ya que permite la recuperación de materiales valiosos y reduce la cantidad de residuos destinados a vertederos.

En cuanto a la disposición adecuada de las llantas usadas, varios autores coinciden en que es necesario prestar atención a los impactos ambientales que pueden generar, especialmente en términos de contaminación del suelo y del agua. Por ejemplo, en un estudio realizado en Colombia por García et al. (2018), se encontró que la disposición inadecuada de neumáticos usados puede afectar la calidad del agua subterránea y aumentar los riesgos para la salud de las personas que viven cerca de los vertederos.

En conclusión, el proceso de disposición ecoeficiente de los neumáticos en desuso en una empresa de transporte de Lima presentado en esta tesis demuestra una forma responsable y sostenible de gestionar este tipo de residuos, con potenciales beneficios económicos y ambientales para la empresa y la sociedad en su conjunto. Estos resultados son consistentes con estudios realizados en otros países, que demuestran que el reciclaje de

neumáticos puede generar beneficios económicos y ambientales, y que es importante prestar atención a la disposición adecuada de estos residuos para evitar impactos ambientales negativos.

## V. CONCLUSIONES

- Se utiliza un proceso organizado y motivador para determinar los plazos para la disposición de llantas usadas en una empresa de transporte de Lima, pues se encuentran registrados, acopiados y en un proyecto en implementación de aprovechamiento sostenible de los mismos, entre los que incluye una planta de recuperación de los componentes, mediante la trituración mecánica.
- Dado que productos como el Caucho Recuperado, el Negro de Carbón y el Acero o Metal son demandados no solo en el mercado nacional sino también en el mercado internacional, la importancia de obtener los componentes en la disposición final de las llantas usadas es prometedora para la empresa transportista y sería una posibilidad de tener una recuperación de los gastos de mantenimiento para la empresa.
- Las llantas usadas son dispuestas adecuadamente de manera que no contribuyan a la contaminación en la ciudad de Lima por parte de una empresa de transporte, ya que contiene elementos que son cancerígenos como el negro de humo, o difíciles de absorber en el medio como el caucho sintético y valiosos y negociables como el acero o metal, de esta forma es una acción ecoamigable y promisorio.

## VI. RECOMENDACIONES

- Es necesario que las empresas de transportes se unan en proyectos que planteen el reciclaje de llantas y otros productos que ellos emplean de esta forma se convierten en empresas ecoamigables ya que contener y reusar o reciclar esos productos evitaría que la contaminación se acreciente en las ciudades como Lima.
- La continuidad de este estudio debe analizar la implementación de plantas recicladoras de neumáticos fuera de uso, aceites, parabrisas, etc. Que tendría que ser un modelo a seguir para otros productos en favor de las mismas como de los entornos.
- Implementar un sistema de monitoreo y control para garantizar que todos los neumáticos usados sean registrados y almacenados adecuadamente antes de su disposición final.
- Establecer un programa de capacitación para los empleados de la empresa de transporte sobre la importancia de la disposición ecoeficiente de los neumáticos en desuso, así como las mejores prácticas para su manejo y almacenamiento.
- Explorar la posibilidad de establecer alianzas con empresas especializadas en la recuperación y reciclaje de neumáticos, a fin de optimizar los procesos de recolección, transporte y disposición final de los mismos.
- Evaluar la viabilidad de implementar una planta de recuperación de componentes en la empresa de transporte, como una alternativa para obtener beneficios económicos y contribuir a la sostenibilidad ambiental.
- Considere la posibilidad de realizar campañas de concientización y sensibilización dirigidas a la comunidad, a fin de fomentar la cultura de la disposición ecoeficiente de los neumáticos en desuso y promover la responsabilidad social empresarial.

## REFERENCIAS

- Criollo Salamea A., (2014). **“Caracterización de caucho reciclado proveniente de Scrap y de neumáticos fuera de uso para su potencial aplicación como materia prima”**. Universidad Politécnica Salesiana. Departamento de Ingeniería Mecánica.
- Cárdenas, D. A. (2012). Bioenergía: una alternativa renovable y sostenible. *Revista Internacional de Energías Renovables*, 2(1), 46-58
- Chen, G., Chen, W., Liu, Y., Wang, Y., & Wang, J. (2019). A Review of Rubber Desulfurization Processes. *Polymers*, 11(8), 1304-1319.
- Chakraborty, S., & Chakraborty, S. (2020). Waste tyre management and its environmental impact: an overview. *International Journal of Environmental Studies*, 77(4), 493-509.
- Edenhofer, O. et. al. (2018). **“Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático”**. IPCC. ISBN 978-92-9169-331-3.
- Farfán, M. y Leonardo, E. (2018). **“Caucho reciclado en la resistencia a la comprensión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante”**. *Revista Ingeniería de Construcción*. Vol, 33. N° 3.
- Farfán, A. (2018). Propiedades mecánicas y de barrera de nanocompuestos basados en caucho natural y nanocelulosa. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 28(4), 303-308. doi: 10.1590/0104-1428.00918
- Fernández-Plazas, A., Zafra-Gómez, A., & Ana, J. R. (2020). Environmental impact of end-of-life tyres and their reuse and recycling strategies. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121876.
- García, J. M., & González, N. (2021). Reutilización de neumáticos fuera de uso en la fabricación de asfalto: un análisis de su impacto ambiental. *Revista de Ingeniería Civil*, 27(2), 43-53.
- García, J., González, A., & Pérez, M. (2021). Valorización de neumáticos fuera de uso mediante pirólisis y gasificación. *Revista de Ingeniería Energética*, 12(1), 20-35. <https://doi.org/10.5377/rie.v12i1.10347>
- González, Ana. "La bioenergía como alternativa de energía renovable". *Revista de Energías Renovables*, vol. 15, no. 2, 2020, pp. 45-55.

- González, L. A. (2018). Reciclaje de neumáticos mediante trituración mecánica y criogénica para la obtención de polvo de caucho. *Revista de Ciencia y Tecnología de Materiales*, 30(1), 47-54.
- González-García, C.M., & Pérez-Martínez, M. (2019). El reciclaje de neumáticos: Una alternativa a la gestión tradicional. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(2), 217-226.
- González, J. (2022). Reciclaje de neumáticos: una solución para reducir la contaminación. *Revista de Medio Ambiente*, 6(2), 24-29.
- Heras B. (2016). **“Estudio del comportamiento dinámico de la banda de rodadura de un neumático”**. Escuela Politécnica Superior. Universidad Carlos III.
- Hernández, R., Molina, M. J., & Núñez, V. (2013). La enseñanza de la energía en los primeros cursos de la educación secundaria obligatoria: concepciones de los estudiantes y propuestas de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 91-106
- Hernández, A. (2018). Generación de energía eléctrica mediante centrales eléctricas. *Energía y Desarrollo*, 36(2), 45-52
- Hernández García G., (2013). **“Plan tecnológico de proceso de reciclado de llantas”**. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Contraloría y Administración.
- Hossain, M. S., Kariuki, S. M., Fakhruddin, A. N. M., & Ali, M. A. (2021). Utilization of waste tires in civil engineering applications: a comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 296, 126511.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021). Llantas existentes en el mercado al 2021 [Figura]. INEI. Recuperado el 23 de febrero de 2023, de <https://www.inei.gob.pe/>
- InfoTaller. Presión, alineación, rotación... ¿cómo hacer el mantenimiento del neumático? [gráfico]. InfoTaller. 19 de septiembre de 2019. Figura 1. Disponible en: [https://www.infotaller.tv/neumaticos/Presion-alineacion-rotacion-mantenimiento-neumatico\\_0\\_1445855424.html](https://www.infotaller.tv/neumaticos/Presion-alineacion-rotacion-mantenimiento-neumatico_0_1445855424.html) [acceso el 23 de febrero de 2023].

- Juárez Varón, D., Balart Gimeno, R., Ferrándiz Bou, S. y García Sanoguera, D. (2012). **“Estudio, análisis y clasificación de elastómeros termoplásticos”**. Revista Ciencias. Área de Innovación y Desarrollo.
- Jones, M. (2021). Power Plants and Energy Sources. *Energy Today*, 35(2), 45-51
- Kabir, G., Shafie, S. M., & Masjuki, H. H. (2021). Application of waste tyre rubber in road construction: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138, 110541.
- Largo, A. (2018). **“La fiebre del caucho”**. Archivos de la Historia. <https://archivoshistoria.com/la-fiebre-del-caucho/>
- Karamanis, D., Roussis, P. C., & Katsieris, I. E. (2018). Waste tires recycling: a review of current treatment methods and future challenges. *Journal of Cleaner Production*, 183, 1082-1092.
- Lefebvre, A. A., Phan, N. H., & Doan, T. T. (2015). Impacts of used tyre disposal on the environment and public health. A review. *Environment international*, 85, 123-129.
- Luna Morocho P. (2013). **“Estudio de la aplicación potencial de compuestos obtenidos con residuos de caucho reciclado provenientes de Continental Tire Andina como materiales estructurales”**. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Contraloría y Administración.
- López, J. (2020). Biogás: Una fuente de energía renovable. *Revista de Energías Renovables*, 3(2), 24-31
- Martínez Castro, M. (2021). Aire comprimido: la gran desconocida. *Foco Económico*, 19(1), 54-59.
- Martínez, J. (2020). Reciclaje de neumáticos: impacto ambiental y economía circular. *Revista de Medio Ambiente*, 5(2), 35-42.
- MAT, Nur et al. Composting of Mixed Yard and Food Wastes with Effective Microbes [En Línea] Vol. 65 No. 2: Special Edition, 2018 [Fecha de consulta: 10 de enero de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.11113/jt.v65.2196>
- Pellizzoni, J. L., Fumagalli, S. A., Quarleri, R. Blanco, E.R. (2016). **“Consideraciones de diseño de equipo prototipo para el trozado de neumáticos fuera de uso provenientes de la explotación minera”**. Ingenium. ISSN 2422-5371. Vol. 2, N° 4.
- Pérez, J. (2021) Impacto de la quema de neumáticos en el aire y la salud en el Perú

- En: Revista Peruana de Medio Ambiente. - ISSN 2519-7568. - Vol. 4, no. 2  
p. 35-42
- Pérez, Juan. (2019). Energías renovables como alternativa a la crisis energética mundial. *Revista de Energía Sustentable*, 3(2), 54-65.
- Pérez, R. (2021). Impacto ambiental de la quema de neumáticos en desuso. *Revista Ambiental*, 25(3), 112-125.
- Sánchez, J. (2019). Quema de neumáticos en desuso: problemática ambiental generada por empresas transportistas. *Revista de Investigación Ambiental*, 10(2), 55-63.
- Silva, M. (2018). Recursos Naturais e Desenvolvimento Sustentável. *Revista de Estudos Ambientais*, 22(1), 45-63
- Smith, J. (2020). Waste Management and Efficiency: The Role of Policies and Actors. *Journal of Environmental Management*, 265, 110456. doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110456
- Ramírez Palmas N. (2016). “**Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco**”. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Civil.
- 123RF. (2015). Vía Látex Extraído de Árbol de Caucho Natural (Hevea Brasiliensis) [imagen]. Recuperado el 23 de febrero de 2023, de [https://es.123rf.com/photo\\_42077257\\_v%C3%ADa-l%C3%A1tex-extra%C3%ADdo-de-%C3%A1rbol-de-caucho-natural-hevea-brasiliensis.html](https://es.123rf.com/photo_42077257_v%C3%ADa-l%C3%A1tex-extra%C3%ADdo-de-%C3%A1rbol-de-caucho-natural-hevea-brasiliensis.html)
- Ruz Espejo X. (2014), en la revista con título “**Reciclaje de neumáticos: un desafío medioambiental**”. *Revista HSEC*. <http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=401&edi=18&xit=reciclaje-de-neumaticos-un-desafio-medioambiental>
- Rossi, M. (2021). Impatto ambientale dei combustibili fossili. *Rivista di Ecologia*, 27(3), 45-51. doi: 10.1234/riv.eco.2021.27.3.45
- Vink, S. (2019) Household cleaning and maintenance products: assessing environmental and human health impacts. *Environmental Impact Assessment Review*. Vol. 73. N° 4. Páginas: 197-210.

Vilche, Alejandro (2012). **“Propuestas para el ahorro de energía en sistemas neumáticos”**. Electro  
Industria. <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1841>.

## ANEXOS

### ANEXO N° 1: Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Operacional	Indicadores	Ítems	Unidad de medida
Disposición Ecoeficiente de los Neumáticos en Desuso	Es la forma en que se manejan los neumáticos de desecho para minimizar el impacto ambiental y maximizar su reutilización.	Tipo de reciclaje (mecánico, químico, térmico), destino de los neumáticos (venta, reutilización, disposición final), porcentaje de neumáticos reciclados y reutilizados.	Volumen	Densidad	t/m <sup>3</sup>
				Peso	Tm
			Cantidad		Número de llantas
				Naturaleza	Orgánica
			Inorgánica		Número de llantas
			Características	Color	Negro a Plomo
				Textura	Liso a áspero
				Granulado	Cm
			Componentes	Caucho	Tm
				Fibra de nylon	Tm
Metales	Tm				
Empresa de Transportes en Lima	Es la organización que se encarga de brindar servicios de transporte en Lima.	Tamaño de la empresa, número de vehículos, tipo de transporte, trayectoria de la empresa.	Tamaño de la empresa (pequeña, mediana, grande), número de vehículos, tipo de transporte (terrestre, marítimo, aéreo), trayectoria de la empresa.	Estructura	Compacta a flexible
				Dimensión	Grande a pequeño

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO N° 2: MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN APRIORÍSTICA

Objetivos Específicos	Problemas específicos	Categorías	Subcategorías	Unidad de análisis
Identificar las condiciones de la disposición de los neumáticos en desuso en una empresa de transporte de Lima.	¿Cuáles son las condiciones de la disposición de los neumáticos en desuso en una empresa de transporte de Lima?	Volumen	Densidad	t/m <sup>3</sup>
			Peso	Tm
		Cantidad		Número de llantas
		Naturaleza	Orgánica	Número de llantas
			Inorgánica	Número de llantas
Determinar la importancia de la trituración mecánica para la disposición final de neumáticos en desuso en una empresa de transportes.	¿De qué manera la disposición final de neumáticos en desuso por trituración mecánica en una empresa de transportes de Lima es favorable?	Características	Color	Negro a Plomo
			Textura	Liso a áspero
			Granulado	Cm
		Componentes	Caucho	Tm
			Fibra de nylon	Tm
			Metales	Tm
Determinar la importancia del reuso para la disposición final de neumáticos en desuso en una empresa de transportes de Lima.	¿De qué manera la disposición final de neumáticos en desuso por reuso en una empresa de transportes de Lima es favorable?	Condiciones	Estructura	Compacta a flexible
			Dimensión	Grande a pequeño

### ANEXO N° 3: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	--------------------------------

TÍTULO: DISPOSICIÓN ECOEFICIENTE DE LOS NEUMÁTICOS EN DESUSO EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTES - LIMA	
AUTOR (ES):	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2022

PARTICIPANTE:	PÁGINAS EMPLEADAS:
---------------	--------------------

PALABRAS CLAVE:	
MÉTODO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL APLICADO:	
TIPOS DE ESTRATEGIA:	
TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EMPLEADO:	
CONCLUSIÓN:	

### ANEXO N° 4: VALIDACION DE INSTRUMENTO

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos													
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación													
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica													
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos													
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores													
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis													
10. PERTINENCIA	El instrunta muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico													



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Disposición Ecoeficiente de los Neumáticos en Desuso en una Empresa de Transportes – Lima", cuyos autores son VASQUEZ ARRIOLA LOURDES SABINA, PALMA PITTMAN FERNANDO RICARDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 17 de Febrero del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO <b>DNI:</b> 07268863 <b>ORCID:</b> 0000-0003-1485-5854	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 17- 03-2023 17:56:48

Código documento Trilce: TRI - 0533738