



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**APROVECHAMIENTO DEL CAUCHO DE NEUMÁTICOS
FUERA DE USO EN LA ELABORACIÓN DE REVESTIMIENTO
PARA SUPERFICIES DESARROLLADO EN LA CIUDAD DE
CUENCA, PROVINCIA DEL AZUAY.**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: LUIS PAULINO TUBA AYALA

DIRECTORA: ING. MELVA FRANCISCA GONZÁLEZ SALAMEA, MGS.

CUENCA – ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROVECHAMIENTO DEL CAUCHO DE NEUMÁTICOS FUERA DE
USO EN LA ELABORACIÓN DE REVESTIMIENTO PARA
SUPERFICIES DESARROLLADO EN LA CIUDAD DE CUENCA,
PROVINCIA DEL AZUAY

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: LUIS PAULINO TUBA AYALA

DIRECTOR: ING. MELVA FRANCISCA GONZÁLEZ SALAMEA, MGS.

CUENCA – ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARACIÓN

Luis Paulino Tuba Ayala portador de la cédula de ciudadanía N° 0105506802. Declaro ser el autor de la obra: “Aprovechamiento del caucho de neumáticos fuera de uso en la elaboración de revestimiento para superficies desarrollado en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 30 de enero de 2024



F:

Luis Paulino Tuba Ayala

CC: 0105506802

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Luis Paulino Tuba Ayala, bajo mi supervisión.



Ing. Melva Francisca González Salamea, Mgs.

DIRECTORA

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mis familiares, a mis padres por darme todo su apoyo y comprensión a lo largo de todo este proceso educativo, a mis hermanos por brindarme motivación y fortaleza, a mis sobrinos que espero llegar a ser un ejemplo que nunca es tarde para cumplir con tus metas.

AGRADECIMIENTOS

En palabras de mi madre primero Dios y luego nosotros, le doy gracias a Dios ya que en todo momento es mi más grande apoyo para seguir con mis sueños y metas, mi más sincero agradecimiento a mis padres, hermanos, familiares y seres queridos que en el transcurso de este largo proceso me supieron brindar su apoyo, confianza y comprensión valores fundamentales que me ayudaron a conseguir este propósito.

Agradezco a mi tutora de tesis Ing. Melva González Salamea, por proporcionar su apoyo, confianza, conocimientos en los diferentes momentos de mi formación académica y sobre todo en el desarrollo de este proyecto.

RESUMEN

El aprovechamiento de caucho de neumáticos fuera de uso en la elaboración de revestimientos implementó una alternativa que permite disminuir el número de estos residuos, pues, el mayor problema de su generación es la cantidad desechada en rellenos sanitarios o su potencial fuente de contaminación hacia el agua, aire y suelo. En el estudio realizado, se elaboró revestimientos mediante el empleo de caucho scrap como base y caucho triturado proveniente de NFU en seis diferentes porcentajes, a los cuales se aplicó varias pruebas de dureza, compresión, abrasión y absorción, para conocer las características y el comportamiento de estos elementos a fin de determinar su posible uso en áreas recreativas y de juegos. Los resultados obtenidos, determinaron características favorables. La dureza que presentan estos revestimientos no generaría mayores molestias en las personas debido a golpes ocasionados por caídas, a lo que se sumaría la recuperación ante presiones constantes que puedan sufrir estos revestimientos por la aplicación de cargas estáticas. La combinación de caucho scrap y caucho triturado entre el 60 y 75% son muy resistentes y pueden ser empleados en diferentes áreas como: parques, camineras, parqueaderos, espacios con alto tráfico peatonal; en tanto que, los que contienen entre 15 al 45% de caucho triturado, son aptos para patios domiciliarios, además posee una baja susceptibilidad a la infiltración de humedad (muy impermeables), resistentes a los cambios de temperatura en el ambiente, son durables, y de bajo mantenimiento.

Palabras clave: Caucho scrap, aprovechamiento, caucho triturado, revestimiento, elaboración.

ABSTRACT

The utilization of rubber from end-of-life tires (ELTs) in coating production introduces an alternative that reduces the quantity of these wastes since the biggest problem of its generation is the amount disposed of in landfills or its potential source of contamination to water, air, and soil. In the conducted study, coatings were prepared using scrap rubber as a base and shredded rubber from ELTs at six different percentages, to which several hardness, compression, abrasion, and absorption tests were conducted to determine the characteristics and behavior of these materials to evaluate their potential use in recreational and playground areas. The results obtained showed favorable characteristics. The hardness of these coatings would not cause significant discomfort to individuals due to impacts caused by falls, and they would also recover from the constant pressures that these coatings may suffer due to the application of static loads. The combination of scrap rubber and shredded rubber, ranging from 60 and 75% is highly resistant and can be used in various areas such as parks, walkways, parking lots, and spaces with high pedestrian traffic. On the other hand, those containing between 15 to 45% shredded rubber are suitable for residential yards; additionally, they have a low susceptibility to moisture infiltration (highly waterproof), resistance to environmental temperature changes, durability, and require minimal maintenance.

Keywords: scrap rubber, utilization, shredded rubber, coating, processing

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	X
LISTA DE ANEXOS	XI
CAPÍTULO I	- 1 -
1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1 OBJETIVOS	- 2 -
1.1.1 <i>Objetivo general</i>	- 2 -
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	- 2 -
CAPÍTULO II	- 3 -
2. REVISIÓN DE LITERATURA	- 3 -
2.1 EL CAUCHO	- 3 -
2.1.1 <i>Tipos de caucho</i>	- 3 -
2.1.2 <i>Usos del caucho</i>	- 5 -
2.2 NEUMÁTICOS	- 5 -
2.2.1 <i>Tipos de neumáticos</i>	- 6 -
2.3 GENERACIÓN Y USO DE NEUMÁTICOS EN EL ECUADOR	- 6 -
2.4 GESTIÓN DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO (NFU)	- 8 -
2.4.1 <i>Gestión de neumáticos en el Ecuador</i>	- 8 -
2.4.2 <i>Gestión de neumáticos en la ciudad de Cuenca</i>	- 9 -
2.5 MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DEL CAUCHO	- 9 -
2.5.1 <i>Termólisis</i>	- 9 -
2.5.2 <i>Pirólisis</i>	- 9 -
2.5.3 <i>Trituración de los neumáticos</i>	- 9 -
2.5.4 <i>Trituración mecánica</i>	- 10 -
2.5.5 <i>Trituración criogénica</i>	- 10 -
2.6 EL GRANULADO	- 10 -
2.7 CAUCHO SCRAP	- 10 -
2.8 APROVECHAMIENTO DEL CAUCHO	- 11 -
2.9 TIPOS DE REVESTIMIENTOS	- 11 -
2.9.1 <i>Revestimientos de caucho reciclado</i>	- 12 -
2.10 FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y AMBIENTAL	- 12 -
2.10.1 <i>Factibilidad técnica del estudio.</i>	- 12 -
2.10.2 <i>Factibilidad económica del estudio.</i>	- 13 -
2.10.3 <i>Factibilidad ambiental del estudio.</i>	- 13 -
CAPÍTULO III	- 14 -
3. MATERIALES Y MÉTODOS	- 14 -
3.1 ZONA DE ESTUDIO.	- 14 -

3.2	MATERIALES	- 14 -
3.3	METODOLOGIA	- 15 -
3.3.1	<i>Descriptivos</i>	- 15 -
3.3.2	<i>Experimentales</i>	- 15 -
3.4	ELABORACIÓN DE LOS REVESTIMIENTOS	- 16 -
3.4.1	<i>Matriz de prensado</i>	- 16 -
3.4.2	<i>Mezclado de materiales</i>	- 18 -
3.4.3	<i>Prensado</i>	- 19 -
3.5	ANÁLISIS LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-MECÁNICAS DE LOS REVESTIMIENTOS A NIVEL DE LABORATORIO	- 20 -
3.5.1	<i>Prueba de Dureza Shore A</i>	- 20 -
3.5.2	<i>Prueba de Compresión</i>	- 21 -
3.5.3	<i>Prueba de abrasión</i>	- 24 -
3.5.4	<i>Prueba de Absorción</i>	- 26 -
3.6	FACTIBILIDAD AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICA	- 29 -
3.6.1	<i>Factibilidad técnica</i>	- 29 -
3.6.2	<i>Diagrama de operaciones</i>	- 29 -
3.6.3	<i>Materia prima</i>	- 30 -
3.6.4	<i>Maquinaria</i>	- 30 -
3.6.5	<i>Personal</i>	- 31 -
3.7	FACTIBILIDAD OPERATIVA DEL ESTUDIO.	- 31 -
3.7.1	<i>Capital humano</i>	- 31 -
3.7.2	<i>Maquinaria</i>	- 31 -
3.7.3	<i>Reportes de funcionamiento</i>	- 31 -
3.8	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	- 32 -
3.8.1	<i>Inversión total</i>	- 32 -
3.8.2	<i>Egresos</i>	- 32 -
3.8.3	<i>Ingresos</i>	- 32 -
3.8.4	<i>Flujo de caja</i>	- 32 -
3.8.5	<i>Factibilidad ambiental</i>	- 33 -
CAPÍTULO IV		- 34 -
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 34 -
4.1	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS	- 34 -
4.1.1	<i>Dureza en los revestimientos</i>	- 34 -
4.2	DETERMINACIÓN DE LA COMPRESIÓN RESIDUAL	- 37 -
4.3	ABRASIÓN.	- 40 -
4.4	DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	- 40 -
4.5	FACTIBILIDAD ECONÓMICA	- 41 -
4.5.1	<i>Inversión total.</i>	- 41 -
4.5.2	<i>Egresos</i>	- 42 -
4.5.3	<i>Ingresos</i>	- 43 -
4.5.4	<i>Flujo de caja</i>	- 43 -
4.5.5	<i>Criterio del VAN</i>	- 44 -
4.5.6	<i>Criterio del TIR</i>	- 45 -
4.6	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	- 45 -
CAPÍTULO V		- 47 -
5.	CONCLUSIONES	- 47 -
CAPÍTULO VI		- 48 -
6.	RECOMENDACIONES.	- 48 -

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	- 49 -
ANEXOS	- 51 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Extracción de caucho natural	- 3 -
Figura 2: Estructura del neumático	- 6 -
Figura 3: Ubicación de la empresa ProCaucho	- 14 -
Figura 4: Diagrama del proceso de producción de revestimientos	- 16 -
Figura 5: Matriz de elaboración de revestimientos	- 17 -
Figura 6: Balanza eléctrica.....	- 18 -
Figura 7: Mezcla de materiales en el molino a cielo abierto.....	- 18 -
Figura 8: Combinación de Cauchos para la elaboración de revestimientos	- 19 -
Figura 9: Lamina de caucho combinado.....	- 19 -
Figura 10: Prensado y vulcanizado de revestimientos	- 20 -
Figura 11: Curado de revestimientos.....	- 20 -
Figura 12: Toma de datos de dureza de los revestimientos.....	- 21 -
Figura 13: Taladro Pedestal.....	- 21 -
Figura 14: Sacabocados	- 22 -
Figura 15: Extracción de probetas circulares tipo 2.....	- 22 -
Figura 16: Equipo de prueba de compresión residual para caucho	- 22 -
Figura 17: Medición Inicial de probetas.	- 23 -
Figura 18: Prensado de probetas	- 23 -
Figura 19: Medición de probetas al finalizar la prueba de compresión	- 24 -
Figura 20: Torno para la prueba de abrasión de probetas de caucho	- 25 -
Figura 21: Probetas de cada tratamiento.....	- 25 -
Figura 22: Probetas para prueba de absorción	- 26 -
Figura 23: Saturación con agua	- 27 -
Figura 24: Levantamiento de datos de peso en aire de la muestra saturada superficialmente seco - 27 -	- 27 -
Figura 25: Masa aparente en agua.....	- 28 -
Figura 26: Secado en el horno electrónico digital.....	- 28 -
Figura 27: Peso de la muestra seca	- 28 -
Figura 28: Ubicación de la sección de elaboración de los revestimientos de ProCaucho	- 29 -
Figura 29: Diagrama de operaciones para realizar los revestimientos	- 30 -
Figura 30: Incremento de la dureza en cada tratamiento.....	- 37 -
Figura 31: Compresión Residual de las combinaciones de caucho.....	- 39 -
Figura 32: Resultados de Abrasión aplicada a probetas de caucho.	- 40 -
Figura 33: Porcentaje de absorción de los diferentes revestimientos de caucho	- 41 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Usos del caucho según sus características _____	- 5 -
Tabla 2: Número de vehículos matriculados por año en el Ecuador _____	- 7 -
Tabla 3: Generación anual de neumáticos fuera de uso en el Ecuador _____	- 7 -
Tabla 4: Total de vehículos matriculados al año en la provincia del Azuay _____	- 7 -
Tabla 5: Total de vehículos matriculados por año en el cantón Cuenca _____	- 8 -
Tabla 6: Materiales, máquinas y equipos empleados para la elaboración de revestimientos. _	- 15 -
Tabla 7: Número de tratamientos y cantidad de masas para la elaboración de revestimientos. -	- 17 -
Tabla 8: Pesos iniciales de las probetas para la prueba de abrasión. _____	- 26 -
Tabla 9: Máquinas y Equipos. _____	- 31 -
Tabla 10: Reportes de funcionamiento de la planta. _____	- 32 -
Tabla 11: Dureza del revestimiento de caucho scrap _____	- 34 -
Tabla 12: Dureza del revestimiento con caucho triturado al 15% _____	- 34 -
Tabla 13: Dureza del revestimiento con caucho triturado al 30% _____	- 35 -
Tabla 14: Dureza del revestimiento con caucho triturado al 45% _____	- 35 -
Tabla 15: Dureza del revestimiento con caucho triturado al 60% _____	- 35 -
Tabla 16: Dureza del revestimiento con caucho triturado al 75% _____	- 36 -
Tabla 17: Promedio de dureza de cada tratamiento _____	- 36 -
Tabla 18: Compresión residual del revestimiento de caucho Scrap _____	- 38 -
Tabla 19: Compresión residual del revestimiento con caucho triturado al 15% _____	- 38 -
Tabla 20: Compresión residual del revestimiento con caucho triturado al 30% _____	- 38 -
Tabla 21: Compresión residual del revestimiento con caucho triturado al 45% _____	- 38 -
Tabla 22: Compresión residual del revestimiento con caucho triturado al 60% _____	- 39 -
Tabla 23: Compresión residual del revestimiento con caucho triturado al 75% _____	- 39 -
Tabla 24: Pesos iniciales, finales y masa perdida en las probetas de los 6 tratamientos _____	- 40 -
Tabla 25: Inversión total de la sección de revestimientos _____	- 41 -
Tabla 26: Inversión fija para adquirir la maquinaria. _____	- 41 -
Tabla 27: Capital de trabajo para funcionamiento de la planta de revestimientos. _____	- 42 -
Tabla 28: Depreciación de Maquinaria y Herramientas. _____	- 42 -
Tabla 29: Egresos de funcionamiento y operación de la planta _____	- 43 -
Tabla 30: Ingresos anuales por ventas de revestimientos _____	- 43 -
Tabla 31: Flujo de Caja anual de la empresa _____	- 44 -
Tabla 32: Valor Actual Neto _____	- 44 -

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Informes de laboratorio _____ - 51 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La creciente generación de residuos de neumáticos fuera de uso constituye una persistente preocupación global. Según la Organización Mundial para la Salud (OMS), alrededor de todo el planeta, aproximadamente 3 billones de neumáticos fuera de uso (NFU), se remiten como desechos hacia los rellenos sanitarios o botaderos, los cuales representan un problema ambiental, social y cultural. Estos residuos no son biodegradables y en muchos casos, constituyen focos de reproducción para la proliferación de moscas, mosquitos y roedores. Las llantas al desgastarse pueden desprender partículas de compuestos órgano-sulfurados, los cuales contribuyen en gran medida a la contaminación del agua, suelo y aire (Segura, 2015).

El Suplemento al Acuerdo Ministerial 142, Anexo C, incluye a los “neumáticos usados o partes de estos” dentro del “Listado Nacional de Desechos Especiales”, asignándole el código ES-04. (Ministerio del Ambiente, 2012).

El Acuerdo Ministerial 061, “Reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria”, define como “desechos especiales”, entre otros a los “desechos que sin ser peligrosos, por su naturaleza, pueden impactar al ambiente o a la salud, debido al volumen de generación y/o difícil degradación”, señala además que, “se debe implementar un sistema de recuperación, reusó y/o reciclaje con el fin de reducir la cantidad de desechos generados, evitar su inadecuado manejo y disposición, así como la sobresaturación de los rellenos sanitarios municipales” (Ministerio del Ambiente, 2015).

Con la finalidad de disminuir el impacto negativo generado por los neumáticos fuera de uso en el ambiente y la salud humana, se busca reducir la cantidad presente en el medio procurando un mayor aprovechamiento del caucho reciclado aplicando un nuevo enfoque mediante el proceso de la trituración, con lo que; las llantas se reintroducen en el sistema productivo para su aprovechamiento en la producción de asfalto, camineras de parques, combustible para hornos de las cementeras y otros, reduciendo así, la aglomeración de neumáticos en los rellenos sanitarios, la contaminación del medio ambiente y la perturbación de los ecosistemas (Goñas y Saavedra, 2020).

Empresas como **SEGINUS** y otras colaboradoras, registran al año un total de 4.530.000 neumáticos reciclados, a los que se da un tratamiento adecuado, el empleo y disposición final idónea en el manejo de residuos especiales (SEGINUS, 2018).

En la fabricación de artículos de materiales reciclados se aplica diferentes técnicas y procesos que permiten aprovechar la materia reciclada en su totalidad, igual cosa sucede con el caucho recuperado de los neumáticos fuera de uso (Martínez y Martillo, 2020).

El presente proyecto tiene como finalidad la reutilización de los neumáticos fuera de uso en la elaboración de revestimientos absorbedores de impactos para superficies de áreas de juego y

recreativas, mediante un proceso de economía circular que beneficie a diferentes sectores: ambiental, productivo y económico.

El aprovechamiento de este tipo de residuos constituye una alternativa para disminuir la presencia de estos residuos especiales en el entorno mediante la fabricación de revestimientos, para lo cual, se aplicó diferentes combinaciones de caucho recuperado, y caucho SCRAP, a fin encontrar la mejor combinación que permita un mejor aprovechamiento de los materiales y su mejor rendimiento tanto en la recuperación, como en para la obtención de los revestimientos (Trivelli y Ysea, 2017).

Para la elaboración de revestimientos de caucho se tomará como referencia la forma y características físicas de comportamiento de los revestimientos de cerámica y la maniobrabilidad al momento de realizar su manejo e instalación.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Utilizar el caucho de neumáticos fuera de uso (NFU), en la elaboración de revestimientos absorbedores de impactos para superficies de juego y áreas recreativas realizados en la ciudad de Cuenca entre los meses de enero – julio 2023.

1.1.2 Objetivos específicos

- Experimentar diferentes combinaciones de caucho triturado de llantas y caucho Scrap en la elaboración de los revestimientos para superficies.
- Analizar las características físicas-mecánicas de los revestimientos de caucho, mediante pruebas de laboratorio.
- Determinar la factibilidad ambiental y socioeconómica de la producción de revestimientos de caucho a partir de los NFU y caucho Scrap.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El caucho

Es un producto vegetal que se obtiene de la sabia de diferentes plantas intertropicales, aunque también se puede obtener de forma sintética. El origen natural es gracias al árbol *Hevea brasiliensis* más conocido como árbol de hule, el cual es sometido a varios cortes en su corteza para obtener el látex (Mejía y Pachacama, 2018).

El caucho natural está compuesto por Carbono y el hidrogeno (C_5H_8), sus enlaces pueden ser dobles o triples entre carbonos, el número de enlaces de una sustancia permite conocer el grado de insaturación o índice de deficiencia de hidrógeno (IDH) (Aparicio, 2020).

En los últimos años, el caucho se produce mediante procesos industriales gracias a las propiedades que presenta: aislante de electricidad, impermeable, gran resistencia y flexibilidad, que le ha vuelto un elemento importante en varios campos fabriles, como en la fabricación de neumáticos (Reyes & Villa, 2019).

2.1.1 Tipos de caucho

a. Caucho natural

El caucho natural proviene de un árbol llamado *Hevea brasiliensis* nativo de Sudamérica, se lo puede encontrar en zonas como África ecuatorial, el sudeste asiático. Para el desarrollo de la planta y una producción idónea, se requiere ciertas condiciones climáticas como una temperatura entre los 22° C y 30°C, las precipitaciones anuales que vayan entre los rangos 2.000 a 4.000 mm, donde las plantaciones crecerán de 30 a 40 m de altura con un diámetro de 30 a 60 cm (Aparicio, 2020).

La extracción del caucho es llevada realizando un corte en forma espiral en el tronco del árbol (figura 1), del cual proviene una sabia lechosa conocida como látex, mismo que tiene diferentes porcentajes de agua, caucho, resinas, proteínas cenizas y azúcar, se estima que la producción de cada corte es de unos 30 ml (Trivelli y Ysea, 2017).



Figura 1: Extracción de caucho natural

Fuente: (Global Rubber Corporation, 2016)

En el Ecuador, la producción de caucho se realiza principalmente en las provincias de Pichincha, Santo Domingo, Los Ríos y Esmeraldas, esto debido a que estas provincias cuentan con zonas con las características necesarias para el crecimiento del árbol de caucho, El Grupo Continental, es considerado con el promotor de este cultivo ya que desde su llegada al país en 1966 a dedicado buscar un avance científico y técnico en toda la cadena que conlleva obtener el caucho (Guerra & Sacoto, 2020).

Al látex obtenido pasa por un proceso de coagulación, para ello se emplea el ácido fórmico o ascético, este tratamiento ayuda a que el caucho sea más maleable y puede aplicar otros elementos químicos (Mejía y Pachacama, 2018).

Luego se realiza un proceso mecánico llamado “Proceso de Masticación” que sirve para romper las largas cadenas de polímeros y reducir el peso molecular del caucho. En la elaboración del caucho se emplea una serie de procesos como: el mezclado del caucho con aditivos sintéticos, el proceso de vulcanización, la adición de azufre que ayuda para que el caucho adquiera una mayor resistencia, elasticidad y una masa más homogénea, al finalizar el proceso de transformación, la masa se moldea por calandrado, compresión o inyección, (Rodríguez, 2020).

Propiedades del caucho Natural:

- Buena resistencia a sustancias químicas como ácidos, bases y sales.
- Resiste temperaturas entre -50 °C y 90 °C.
- No es conveniente que entre en contacto con aceites, grasas o hidrocarburos
- Alta resiliencia, elasticidad, carga de rotura y baja deformación.

b. Caucho sintético

Es un producto de la industria petroquímica, se obtiene al realizar una polimerización de hidrocarburos insaturados de dos productos el estireno y el butadieno derivados del petróleo (Contreras y Ferro, 2016).

En la actualidad se puede encontrar más de 20 categorías de caucho sintético, los cuales tienen gran similitud con las propiedades del caucho natural, entre éstos, el caucho SRB, el más importante del sector de la producción de neumáticos, el neopreno, caucho de butilo etc. (Chamba y Benavides, 2019).

Propiedades del caucho sintético:

- Mayor resistencia a los solventes, aceites, grasas, petróleo y sus derivados
- Menor grado de envejecimiento por calor, ozono o productos oxidantes
- Menor flexibilidad
- Menor permeabilidad a los gases.

2.1.2 Usos del caucho

El uso del caucho inicia con el proceso de curado del caucho o conocido como vulcanización, a través del cual se transforma de un caucho débil a uno con propiedades mecánicas que beneficia la dureza y elasticidad. La vulcanización no es más que una reacción química de los enlaces dobles del carbono del caucho con el azufre, en este proceso también se aplican aditivos que favorecen a las propiedades del caucho estos pueden ser: acelerantes, antioxidantes, agentes de procesado, plastificantes y reforzantes(Fariño, 2022).

A continuación, en la tabla 1 se presenta los usos actuales del caucho en diversas actividades a nivel industrial, esto gracias a las diferentes características que este material ofrece:

Tabla 1: Usos del caucho según sus características

Características	Usos
Elasticidad	Empleado para la fabricación de amortiguadores y mecanismos para reducir la vibración
Flexibilidad	Para fabricar mangueras y en empaques de una gran variedad de rodillos
Resistencia a la abrasión	Materia prima para fabricar neumáticos y cintas transportadoras
Resistencia al agua y productos químicos	Sé aprovecha en la elaborar ropa impermeable, trajes de buceo, tubos de laboratorio, sondas, revestimientos de tanques, etc.
Resistencia a la electricidad	Sé emplea para materiales aislantes, guantes protectores, piezas para radios, medidores y otros instrumentos eléctricos.

Fuente: (Aguinsaca & Puga, 2019)

El caucho vulcanizado tiene mayor campo de aplicación que el caucho crudo o sin procesar, este se emplea en productos como el cemento, cintas aislantes, adhesivos y como aislantes de mantas y zapatos (Trivelli y Ysea, 2017).

2.2 Neumáticos

La elaboración de neumáticos inflados con aire inicia en el siglo XIX, con los avances industriales y técnicos se introduce la estructura tubular con válvula, esto provocó que la demanda de este producto sea cada vez mayor, en la actualidad los neumáticos están conformados por más de 200 materiales, entre los más relevantes podemos nombrar al caucho natural, nylon, alambres, y derivados del petróleo. Estos componentes han contribuido para que el rodamiento de las llantas tengan resistencia a la abrasión, altas temperaturas, elasticidad, adherencia amortiguamiento estabilidad y seguridad, cuando estos cumplen su función en la calzada (Rodríguez, 2020).

Para la fabricación de las llantas se utiliza una mezcla de caucho natural y el SBR un caucho sintético, cabe decir que todos los cauchos tienen diferentes propiedades, solo al pasar por el proceso de vulcanización estos llegan a ser más duraderos y la degradación se prolonga en el tiempo (Aparicio, 2020).

En la actualidad para elaborar un neumático de automóvil o camioneta se emplea un promedio 14% de caucho natural, 27% de caucho sintético, 28% de negro humo, 16-17% de fibras textiles, 14-15% de acero y de otras sustancias químicas como Azufre y Zinc, materiales distribuidos en la estructura del neumático presentada en la figura 2.

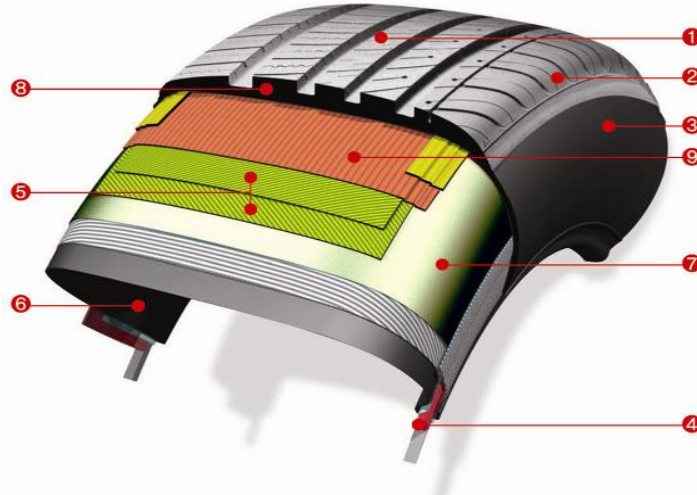


Figura 2: Estructura del neumático

Fuente: (Neumáticos kumho, 2010)

Las llantas para camiones o buses la composición cambia a 27% de caucho natural, 14% de caucho sintético, 28% de negro humo, 14-15% de acero, 16-17% de fibras textiles y otras sustancias (Ruilova, 2022).

2.2.1 Tipos de neumáticos

Se cuenta con diferentes tipos, por su fabricación estos pueden ser:

- Diagonales uno de los primeros neumáticos que se fabricaron y cuya estructura interna está conformada por una serie de lonas hechas de fibras textiles, las cuales van superpuestas una a otra, y estas a su vez cruzadas formando ángulos de 30 a 40 grados, los textiles empleados generalmente son de nylon, estas llantas comúnmente soportan cargas mayores gracias a sus flancos más rígidos en comparación a los radiales.
- Radiales este tipo de neumático tiene una gran diferencia con las diagonales, esto depende de tamaño de la llanta, en el caso de los neumáticos con aros de rin entre 13 y 16 tiene una alma o bandas de acero que van bajo la capa de rodadura del neumático y en sus laterales cuentan con una lona de nylon, para llantas mayores a al rin 16, los neumáticos llevan en su totalidad una estructura de acero (Guiracocha y Suarez, 2022).

2.3 Generación y uso de neumáticos en el Ecuador

Para conocer sobre la generación de los neumáticos fuera de uso, se debe conocer la fuente, por lo cual es necesario saber de la cantidad de vehículos con los que se cuenta a nivel nacional.

Los datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2020), en el apartado de transporte, nos permite conocer el parque automotor de cada año en el Ecuador, los datos de vehículos matriculados entre los años del 2018 hasta el año 2021 (tabla 2), los datos de automotores en esta lista son tanto de carga liviana, pesada y motocicletas, los mismos que generan una gran demanda de neumáticos.

Tabla 2: Número de vehículos matriculados por año en el Ecuador

Años	Total de vehículos matriculados
2018	2.403.651
2019	2.311.960
2020	2.361.175
2021	2.535.853

Fuente: (INEC, 2020)

Según Espinosa, (2016) todo vehículo genera un gran número de neumáticos fuera de uso; los vehículos de carga liviana desechan dos neumáticos por año y los de carga pesada tres neumáticos por año. Según los datos determinados en los últimos años por el INEC, la generación de NFU, a nivel nacional como se en la tabla 3.

Tabla 3: Generación anual de neumáticos fuera de uso en el Ecuador

Años	Carga liviana	Carga Pesada	Total
2018		515.223	3.814.031
2019	2.311.960	484.443	3.689.745
2020	2.361.175	475.696	3.621.760
2021	2.535.853	448.425	3.776.419

Fuente: (INEC, 2020)

En la tabla 4, se expone el número de vehículos matriculados en la provincia del Azuay de acuerdo con los datos del (INEC, 2020).

Tabla 4: Total de vehículos matriculados al año en la provincia del Azuay

Años	Total de vehículos matriculados
2018	154.697
2019	145.729
2020	152.676
2021	163.598

Fuente: (INEC, 2020)

Según la Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV, 2021), cada año se han sido matriculados (tabla 5), aunque en la última revisión técnica vehicular asistieron un total de 121.581 automotores entre livianos y pesados.

Tabla 5: Total de vehículos matriculados por año en el cantón Cuenca

Años	Matriculados
2018	94.924
2019	92.601
2020	87.581
2021	100.820

Fuente: (INEC, 2020)

2.4 Gestión de Neumáticos Fuera de Uso (NFU)

La sociedad actual es muy dependiente del uso de un medio de transporte por lo que, uno de los residuos que mayor generación se producen son los neumáticos fuera de uso, NFU.

Esta generación de los NFU proviene de auto o camionetas camiones o maquinaria industrial, la mayor parte proceden de vehículos livianos, estas llantas tienen un peso aproximado de 9.5 kg en tanto las resultantes de camiones o maquinaria industrial pueden llegar a pesar de 16 a 100 kg por unidad (Correa, 2020).

Según (Pérez & Saiz, 2018) en España la empresa SEGINUS ha reciclado un estimado de 183.259 toneladas de neumáticos fuera de uso solo en 2016, estas llantas se destinaron a procesos de aprovechamiento como de reutilización mediante un reencauchado o reciclado total, del cual se realizó la recuperación de caucho, acero y fibras textiles, estos componentes se destinaron a actividades de obras civiles, fabricación de cemento, generación de energía eléctrica e instalaciones de pirolisis.

2.4.1 Gestión de neumáticos en el Ecuador

Según la Constitución de la República del Ecuador en su Art. 14, se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice el buen vivir, *sumak kawsay*. El Art. 83 de la constitución establece que son deberes y responsabilidades de las y los ecuatorianos, respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de forma racional, sustentable y sostenible.

Según el Acuerdo Ministerial No. 098 "INSTRUCTIVO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE NEUMÁTICOS USADOS" el **Art. 4** establece que: "Es la obligación del Estado, a través de sus instituciones y órganos y de acuerdo a las potestades públicas asignadas por ley, de adoptar las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño" (Acuerdo Ministerial 98, 2015).

El Sistema Ecuatoriano de Gestión Integral de Neumáticos Usados (SEGINUS), menciona que en último año se reciclaron 4.530 millones de neumáticos, los mismo que se aprovechan con diferentes fines: Granulado 56%, Pirolisis 27%, Cogeneración 15% y artesanías en un 2%, que a su vez se tiene 3000000 suelas de zapatos, 150.000m² y 6.428 canchas de tenis (SEGINUS, 2018).

La gestión se lleva a cabo gracias a los 2.500 puntos de gestores autorizados a nivel nacional, el proceso para realizar el retiro o desalojo de los neumáticos se considera rápida ya que se puede encontrar a estos puntos en la plataforma 'Pits', la que funciona a tiempo real y la respuesta de los gestores es casi inmediata o en menos de 24 horas (EIUniverso, 2021).

2.4.2 Gestión de neumáticos en la ciudad de Cuenca

La gestión de los NFU se realiza de dos maneras formal e informal, los recicladores informales realizan esta actividad ya que así pueden generar recursos económicos, buscando los neumáticos en talleres y botaderos de la ciudad que no estén entre los puntos anexados al sistema 'Pits' de SEGINUS.

La gestión brindada por la empresa PROCAUCHO en el año 2022 llegó a recaudar un total de 26.809 neumáticos fuera de uso, esta actividad se realiza en diferentes puntos de acopio como vulcanizadoras, tecnicentros de la ciudad, la empresa trabaja con su propio sistema de gestión, aun que tienen un convenio que les permite realizar el retiro de las llantas en puntos de acopio de SEGINUS.

2.5 Métodos de recuperación del caucho

Existen diferentes tipos de tratamiento para los NFU, los cuales consisten en someter a bajas o altas temperaturas al neumático entero y/o triturado según la finalidad que se crea conveniente.

2.5.1 Termólisis

Este método consiste en calentar altas temperaturas los residuos de caucho en ausencia de oxígeno, así se produce una ruptura de los enlaces químicos del caucho, de este proceso se obtiene la recuperación de metales, carbones e hidrocarburos en forma de gases y estos pueden reintroducirse a procesos industriales ya sea de producción de neumáticos u otras actividades (Rodríguez, 2020).

2.5.2 Pirolisis

Este proceso no es más que la degradación térmica sin presencia del oxígeno, se emplea un reactor de arena de cuarzo, el cual trabaja con temperaturas de entre 600°C a 800°C, de este procedimiento resultan olefinas, cera y hollín (Cardona y Sánchez, 2011).

2.5.3 Trituración de los neumáticos

Es un proceso de reducción de tamaño del neumático que se realiza de forma mecánica, donde el tamaño del sólido se lo divide en otros más pequeños, pero sin llegar a hacerlos polvo; el proceso de trituración se realiza mediante la aplicación de fuerzas de corte, compresión, tracción y flexión. El tamaño de los restos, la capacidad, la separación previa de los materiales, puede variar dependiendo de las necesidades del producto que se desea obtener y de la maquinaria disponible (Espinosa y Tatamués, 2016).

Mediante este proceso, los productos resultantes son de alta calidad, limpios de todo tipo de impurezas; esto facilita el uso de este material en nuevos procesos y aplicaciones (Vega, 2020). Se emplean para ello diferentes tipos de trituradoras y formas de realizar el proceso de triturado. Una vez seleccionado el tipo de neumático que se va a triturar, la cantidad y tamaño final que se desea obtener se inicia con el proceso de trituración

2.5.4 Trituración mecánica

Es un proceso de bajo costo, que se lleva a cabo a temperatura ambiente y permite realizar la separación de los materiales que componen el neumático. La trituración consta de tres etapas (Vega, 2020):

1. Se forman tiras de neumáticos, es el proceso de corte.
2. El material formado se comienza a triturar e inicia la separación del acero del neumático utilizando imanes.
3. El material restante de caucho se introduce en otro triturador hasta conseguir el tamaño deseado.

2.5.5 Trituración criogénica

Este método se caracteriza por el empleo de nitrógeno líquido para reducir la temperatura del caucho a unos -120°C , a diferencia de la trituración mecánica; es muy difícil de implementar ya que las instalaciones requeridas son muy complejas y costosas, económicamente no viable (Llumisig, 2021).

2.6 El Granulado

Es el caucho proveniente de los neumáticos fuera de uso, a los que se le puede aprovechar en una serie de aplicaciones para el beneficio de la sociedad (Clemente, 2022).

El caucho obtenido mediante el proceso mecánico de triturado se realiza para obtener dos productos: grano de caucho (1-4 mm) y polvo de caucho. Según las especificaciones del polvo de caucho (material que pasa el tamiz No. 20), se emplea como materia prima para la fabricación de productos como: bloques de caucho, para pisos de protección o aislamiento, asfalto modificado y moquetas para vehículos. En tanto que, el grano de caucho (material que pasa el Tamiz No. 8 y es retenido por el Tamiz No.18), es utilizado como materia prima para canchas sintéticas, planchas de caucho para pisos, durmientes para líneas férreas y piezas para automóviles (Morante, 2019).

2.7 Caucho Scrap

El caucho SCRAP es el material desechado de llantas que no cumplieron con las normas de calidad de la empresa. Continental Tire Andina, clasifica el caucho Scrap después de la revisión visual y técnica de funcionamiento, estas pruebas se las realiza posterior al vulcanizado. Se revisa que la llanta no tenga anomalías como cortes, materiales extraños, pinturas o ampollas de agua. La revisión técnica del neumático se realiza mediante equipos que permiten determinar defectos en las magnitudes radiales, conicidad o balanceo dinámico (Luna, 2013).

2.8 Aprovechamiento del caucho

Durante varios años los neumáticos fuera de uso han causado un impacto ambiental debido a su mala gestión, mientras un porcentaje ha sido reprocesado y utilizado en otras actividades, otro tanto de estos ha sido ubicados en lugares de disposición especial o botados a cielo abierto o quemados. En consecuencia (Vargas, 2022) menciona que se debe tener en cuenta los siguientes procesos que se llevan a cabo con las llantas usadas para su adecuado aprovechamiento y transformación. Su aprovechamiento engloba tanto la transformación del neumático en productos útiles, como la obtención de materias primas derivadas (Alonso, 2022). Estos procesos se clasifican en tres grupos:

1. Reutilizables: llantas que presentan desgaste que no superan los 1,66 mm. Se reutilizan para el mismo fin para el que fueron fabricados, si todas las partes del neumático se encuentran en buen estado puede ser utilizados nuevamente en el automóvil.
2. Reencauchables: cuando el neumático tiene desgastada la banda de rodadura, éste puede ser renovado y/o reparado, lo que permitirá que continúe la vida útil del neumático.
3. No reencauchables: su estado de deterioro es avanzado, por tal motivo no son aptos para ser reutilizables dado que cumplieron con su vida útil, y serán empleados en distintos procesos.

Según (Contreras & Ferro, 2016), algunos de los procesos de reutilización de los neumáticos pueden ser:

- En la elaboración de adoquines ecológicos (Jaimes & Torres, 2019).
- Relleno de campos de césped artificial.
- Lamina de suela para calzado rudo.
- Bolsos con cámaras de llanta.
- Tapetes personalizados para el mouse del computador.
- Tapetes tejidos con tiras de llantas.
- Elaboración de macetas.
- Juegos infantiles.
- Bloques para formar muros de contención.
- Asfalto de calles y carreteras.
- Suelos de parques infantiles.
- Creación de barreras de contención como elemento de seguridad en las carreteras.
- Revestimientos de paredes y pisos, para el aislamiento acústico, anti vibratorio y antisísmico.

2.9 Tipos de revestimientos

Su objetivo es cubrir una superficie, actualmente se cuenta con una variedad extensa de revestimientos, los cuales pueden estar fabricados de cerámica, madera y otros.

La introducción de materiales reciclados a la fabricación de los revestimientos en la actualidad está tomando importancia, ya que debido a las características que presentan ayudan a mejorar su funcionalidad. Los revestimientos de caucho se están empleando en parques infantiles y áreas de recreación y actividad física, pues; reducen la fuerza del impacto de un objeto al caer (Trivelli y Ysea, 2017).

2.9.1 Revestimientos de caucho reciclado

Como principales características de estos revestimientos se pueden señalar su resistencia y durabilidad, su impermeabilidad resistencia al agua, fácil mantenimiento y limpieza. Además, es antideslizante y flexible, se puede colocar en baldosas o rollo continuos, cuenta con una amplia gama de texturas, calidades y colores (Saraza, 2019).

Las diferentes baldosas, revestimientos o pisos continuos elaborados de caucho reciclado usados en zonas de alto tráfico deben cumplir con algunos parámetros como:

-Abrasión	< 150 mg
-Absorción	< 7%
-Compresión	< 25%
-Dureza	> 50 +/- 10 IHDR (para parques infantiles), >65 +/- 5 IHDR para zonas de alto tráfico.

Por estas características mencionadas el uso del piso de caucho abre un abanico de posibilidades para ser utilizado en gimnasios, escuelas, jardín de infantes, etc. sin embargo, debe cumplir con las características que menciona la normativa vigente (Trivelli & Ysea, 2017).

Estos pisos fabricados a base de caucho reciclado pueden dividirse en dos grupos:

1. Pisos continuos confeccionados "in situ" (aplicación directa con la combinación de una resina).
2. Baldosas (con prensado en caliente o prensado en frío).

2.10 Factibilidad económica y ambiental

Define la capacidad que tiene un proyecto para alcanzar el éxito, siendo necesario para ello la recopilación de información sistemática, definición de las características del producto, análisis de la factibilidad técnica, operativa, económica y ambiental. Este último, permitirá conocer si el proyecto los impactos que genera el proyecto en la conservación del ambiente (Impulsa, 2018).

2.10.1 Factibilidad técnica del estudio.

Permita analizar si los recursos técnicos con los que cuenta la empresa permiten alcanzar el desarrollo del proyecto, la disponibilidad de contar con hardware, software, personal y los conocimientos necesarios que para el desarrollo del proyecto (Quiroa, 2020).

2.10.2 Factibilidad económica del estudio.

Este estudio se enfoca en el análisis costo beneficio de un producto o proyecto y los recursos económicos con los que cuenta la empresa sean propios o financiados. Este análisis es relevante ya que con él, se puede determinar si la empresa es capaz de solventar los gastos que se generan con la implementación de los nuevos procesos (Duvergel & Argota, 2017).

Al realizar este estudio podremos conocer si un proyecto llegará o no a ser conveniente económicamente para la empresa, por lo que se analiza diferentes detalles tales como equipos, inversiones y operaciones involucradas en el desarrollo de los revestimientos.

2.10.3 Factibilidad ambiental del estudio.

En estudio identifica los beneficios del proyecto y los sectores que se benefician al reutilizar las neumáticos fuera de uso (Albo, 2019).

Al emplear el caucho de llantas que cumplieron con su vida útil, se contribuye a la reducción del número de residuos generados que puedan llegar hacia los rellenos sanitarios, ya que los neumáticos por su tamaño son un problema que disminuyen el tiempo de funcionamiento de un relleno sanitario.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Zona de estudio.

El proyecto se desarrolló en las instalaciones de la empresa ProCaucho, ubicada al sur oeste de la ciudad de Cuenca, en la parroquia Baños, barrio Narancay Bajo, como se puede lo indica la figura 3, precisamente en las coordenadas X: 717360,49 y Y: 9675731,36.

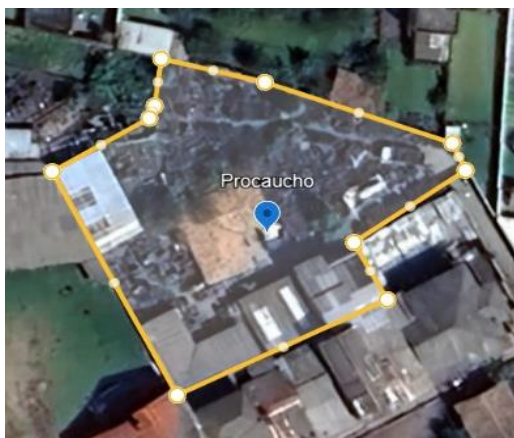


Figura 3: Ubicación de la empresa ProCaucho

Fuente: (Google Earth, 2023)

Las instalaciones de la empresa poseen espacios más tecnificados para la trituración de neumáticos, elaboración de revestimientos, repuestos de todo tipo de vehículos, artesanías y otros elementos de caucho.

Al momento de realizar la preparación para realizar los revestimientos, el personal brindó la capacitación profesional y técnica del funcionamiento de los equipos, la vulcanización del material y el manejo de los elementos terminados.

3.2 Materiales

Los diferentes materiales, maquinaria y equipos para el desarrollo del proyecto se presentan en la tabla 6.

Tabla 6: Materiales, máquinas y equipos empleados para la elaboración de revestimientos.

Materiales, máquinas y equipos	Usos
SCRAP	Revestimientos
Caucho triturado	Revestimientos
Tamiz	Granulometría
Molino a cielo abierto	Mezclado del Scrap y caucho triturado
Matriz	Moldeo y elaboración de los revestimientos Vulcanizado
Horno prensa	Corte de materia prima
Cuchillo de mano	Corte de Probetas
Cuchilla circular	Determinación de pesos de las masas
Balanzas	Toma de medidas
Calibrador	Ensayo de compresión y abrasión
Probetas circulares	Identificación de revestimientos
Corrector	Equitación de protección
Guantes de Cuero	Palanca para desmontar los revestimientos de la
Destornillador plano	matriz
Estilete	Corte de las rebabas
Taladro de pedestal	Elaboración de Probetas
Flexómetro	Toma de medidas
Horno eléctrico	Secado de probetas

3.3 Metodología

Para el desarrollo del proyecto se empleó metodología mixta, en consideración que se aplican procesos descriptivos y experimentales.

3.3.1 Descriptivos

Ayudaron en cuanto realizar la definición, clasificación y caracterización del elemento de estudio con la revisión de bibliografía, se obtuvo el conocimiento de las características físicas y mecánicas del caucho y al comprender sus diferentes propiedades aplicar el caucho en la elaboración de los revestimientos.

3.3.2 Experimentales

En este apartado se describen las distintas pruebas que se realizaron para cada revestimiento tanto de Scrap y sus combinaciones con el caucho triturado, conocer las diferencias en características que presentan (Becerra, 2021).

Conociendo la disponibilidad del caucho, solicitamos a la empresa ProCaucho los precios por kilogramo de los diferentes tipos de caucho que ofrecen al mercado, los valores a los que ofertan el caucho Scrap es de \$ 1,10 y el kilogramo de caucho triturado es de \$ 1,33.

3.4 Elaboración de los revestimientos

En el siguiente diagrama presentado en la figura 4, se muestra los diferentes procesos para llegar a obtener el revestimiento.

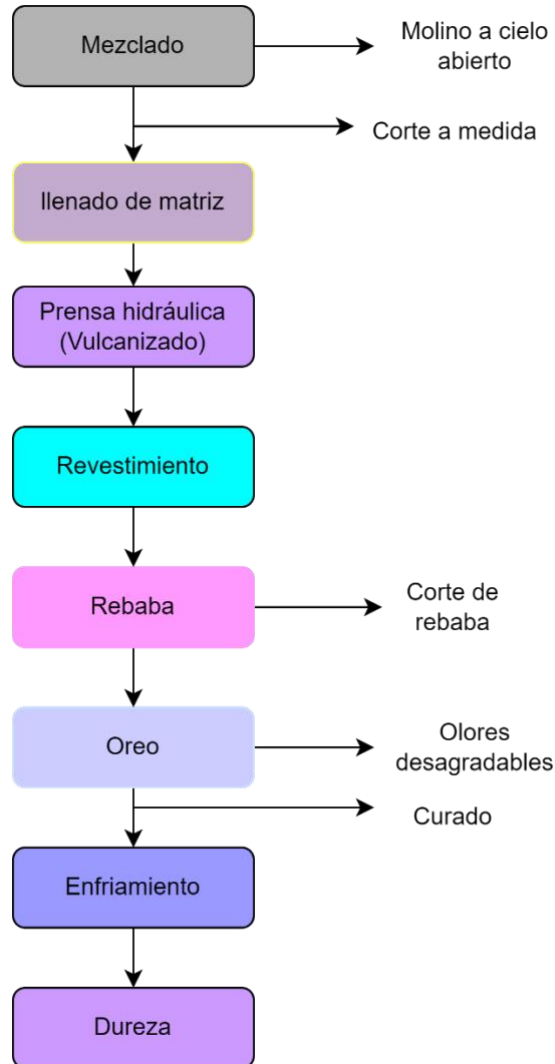


Figura 4: Diagrama del proceso de producción de revestimientos

A continuación, se detalla los diferentes procesos a seguir para obtener los revestimientos de caucho Scrap y caucho triturado.

3.4.1 Matriz de prensado

La parte experimental inicio con la fabricación de la matriz que en su parte interior tiene las medidas de 60 cm largo x 36 cm de ancho y 2.5 cm de alto, como se puede apreciar en la figura 5.



Figura 5: Matriz de elaboración de revestimientos

La matriz es de hierro esto con la finalidad de reducir los costos en materiales y tiempo de producción.

Las tiras de hierro se soldaron formado el contorno de la plancha, en la parte externa se realizó la incorporación de pequeñas placas de hierro como tabiques que ayude a soportar la presión ejercida por la prensa hidráulica y del caucho al momento de cubrir el molde.

En la elaboración de los revestimientos se dispuso a realizar 6 tratamientos y 3 unidades de cada uno, con una sustitución del 15% de caucho Scrap por caucho triturado, en la tabla 7 se detallan la masa necesaria para realizar 3 unidades por tratamiento.

Tabla 7: Número de tratamientos y cantidad de masas para la elaboración de revestimientos.

No. de tratamiento.	Características	Masa de material triturado (kg)	Masa de Scrap (kg)
1	Caucho Triturado al 0% y Scrap 100%	0,00	19.20
2	Caucho Triturado al 15% y Scrap 85%	2,88	16.32
3	Caucho Triturado al 30% y Scrap 70%	5,76	13.44
4	Caucho Triturado al 45% y Scrap 55%	8,64	10.56
5	Caucho Triturado al 60% y Scrap 40%	11.52	7.68
6	Caucho Triturado al 75% y Scrap 25%	14,40	4.80

Se inició pesando los diferentes tipos de caucho para ello se empleó una balanza electrónica de 20 kg, la cual se presente en la figura 6, en este experimento se utilizó un total de 115,2 kg de caucho reciclado, del cual 72 kg es de caucho Scrap y 43,2 kg de triturado.



Figura 6: Balanza eléctrica

3.4.2 Mezclado de materiales

Se inicia con una revisión de resistencia del caucho Scrap de forma manual y visual, en la cual se observa si el caucho tiene señales de burbujas de aire o de agua, posteriormente se estira el caucho para constatar la elongación de este, se ingresa el caucho Scrap en la mezcladora donde se adicionan el caucho triturado.

El proceso de mezclado puede durar alrededor de 10 a 15 minutos, para que la masa muestre las características requeridas por la empresa, el equipo empleado cuenta con dos cilindros que giran en sentido contrario, el largo de los cilindros es de 66 cm, el diámetro de cada cilindro es de 25 cm y el segundo de 30 cm, la máquina funciona con un motor trifásico de 30 hp, de 10 a 100 kW y 50 rpm, puede trabajar hasta con un total de 50 kg por lote. Como se muestra en la figura 7.



Figura 7: Mezcla de materiales en el molino a cielo abierto.

Una vez con la mezcla homogénea se lamina de un espesor mayor a 2.5 cm y se corta según las medidas molde de los revestimientos de longitud= 0.60 m, ancho= 0.36 m, cada unidad de revestimiento se empleó 6.4 kg.

Una vez con las masas necesarias se procedió con la mezcla de los materiales como se muestra en la figura 8.



Figura 8: Combinación de Cauchos para la elaboración de revestimientos

La lamina de caucho combinado se cubre con una lona, evitando que impurezas y otros objetos contaminen la mezcla (figura 9)



Figura 9: Lamina de caucho combinado

3.4.3 Prensado

La prensa hidráulica debe precalentarse para su uso, debiendo marcar una temperatura de 275°F o 135°C, para obtener las óptimas condiciones para la elaboración de los revestimientos. Antes de realizar la carga del material se aplica un líquido desmoldante que ayudará a retirar con mayor facilidad el producto terminado.

La masa colocada debe ser mayor a la requerida para lograr que cubra por completo el molde empleado y se eliminen las burbujas de aire al momento de la compresión y vulcanización del caucho (fig. 10).



Figura 10: Prensado y vulcanizado de revestimientos

El prensado dura alrededor de 12 minutos por unidad de revestimiento, al término de este tiempo se retira el caucho del molde y se lo deja curar a temperatura ambiente por un tiempo de 2 a 3 horas (fig. 11), para realizar la prueba de dureza a cada espécimen terminado.



Figura 11: Curado de revestimientos

3.5 Análisis las características físicas-mecánicas de los revestimientos a nivel de laboratorio

3.5.1 Prueba de Dureza Shore A

Como muestra en la figura 12 la prueba se realiza con la ayuda de un durómetro, esto al finalizar el tiempo de curado de los revestimientos, el equipo trabaja a escala shore tipo A de las pruebas (Astm D2240, 2017), se fija los puntos de muestreo y se levanta los datos de los diferentes tratamientos.



Figura 12: Toma de datos de dureza de los revestimientos

Se realiza la prueba a cada unidad de revestimientos en tres secciones diferentes, en cada uno de los tratamientos se obtuvo nueve valores de dureza.

Durante desarrollo de la prueba de dureza, de forma minuciosa realizar una inspección visual los revestimientos elaborados para cada tratamiento a fin de descartar defectos de fabricación como ampollas u otras anomalías.

3.5.2 Prueba de Compresión

Mediante esta prueba se pretende determinar la compresión residual en cauchos vulcanizados, para verificar la retención de propiedades elásticas. Al proceder con la prueba deberá contar con 3 probetas tipo 2 según lo indica la norma (Nte inen 889, 1982), estas extraídas de los mismos revestimientos, mediante el uso de un taladro de pedestal (figura 13).



Figura 13: Taladro Pedestal

Un sacabocados de un diámetro de 30 mm (figura 14).



Figura 14: Sacabocados

Se procede con la extracción de las probetas (figura 15).



Figura 15: Extracción de probetas circulares tipo 2.

Los elementos empleados para la prueba fueron una serie de platos diferentes cuyo espesor sea lo necesariamente resistente para que no sufran ningún tipo de flexión o deformaciones, las caras de los platos son de acero bastante pulidos. Durante el periodo del ensayo, tanto las probetas como las unidades de prueba se mantuvieron fuera de contacto con líquidos e impurezas como polvo, se aplicaron 3 espaciadores por planta, la altura de cada espaciador es de 10mm (fig. 16).



Figura 16: Equipo de prueba de compresión residual para caucho

Al inicio del ensayo de compresión se mide el espesor de las probetas, usando un calibrador (fig. 17).



Figura 17: Medición Inicial de probetas.

Las probetas fueron ubicadas en el centro de las placas acompañadas de tres espaciadores por piso (fig. 18), así aseguramos una misma altura en el proceso, la prensa se fue apretando de manera uniforme hasta que las placas lleguen a tener contacto con los espaciadores.



Figura 18: Prensado de probetas

Terminado el tiempo de compresión se coloca el equipo con las probetas en reposo a temperatura ambiente por 24 h, dos horas antes de cumplir el tiempo requerido para este ensayo, se introduce el aparato de compresión en el horno a 40°C, como lo indica la norma (Nte inen 889, 1982).

Se retira las probetas y se las deja reposar por un tiempo de 30 minutos, posterior a ese tiempo se toma la medida de cada probeta como se aprecia en la figura 19.



Figura 19: Medición de probetas al finalizar la prueba de compresión

Con los resultados obtenidos se calcula el porcentaje de compresión aplicando la fórmula siguiente:

Fórmula para calcular la compresión residual bajo carga

$$C = \frac{t_o - t_f}{t_o - t_s} * 100 \quad (1)$$

Donde:

C = compresión residual

t_o = espesor original de la probeta

t_f = espesor final de la probeta

t_s = espesor del espaciador

3.5.3 Prueba de abrasión

Esta prueba tiene como objetivo demostrar la resistencia al desgaste en las probetas y demostrar que lo expuesto por (Trivelli & Ysea, 2017), que mientras mayor sea el contenido de polvo mayor la resistencia al desgaste.

La norma (Inen-Iso 4649 nte, 2015), establece los lineamientos a seguir para la determinación de la resistencia a la abrasión.

En la prueba utiliza un torno, con un dispositivo cilíndrico de diámetro 27 mm, recubierto con una lija de agua A-99 grano 240, las probetas son fijadas en un brazo de anclaje (fig. 20), de esta manera al momento del giro del dispositivo provoca el desgaste en las probetas.



Figura 20: Torno para la prueba de abrasión de probetas de caucho

En el desarrollo de la prueba se lleva a cabo con probetas de tipo 2, como se indica en la norma, por lo cual es necesario contar con una muestra por tratamiento (figura 21).



Figura 21: Probetas de cada tratamiento.

El ensayo se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Se determina el peso de las probetas individualmente antes de la abrasión
2. Se introduce la probeta en el soporte del brazo de anclaje.
3. Se pone en marcha el torno con el tambor giratorio
4. El tambor da un total de 600 vueltas en un tiempo estimado de 65 segundos.
5. Se retira las probetas al finalizar el proceso y se pesa para obtener la masa final.

La cantidad en gramos de los pesos iniciales se obtuvieron utilizando la balanza electrónica y los resultados se presentan en la tabla 8. Así mismo se detalla el porcentaje de trituración que se aplicó para cada tratamiento:

Tabla 8: Pesos iniciales de las probetas para la prueba de abrasión.

Probetas	Peso inicial (gr)
Caucho Scrap	26
Caucho triturado al 15%	26
Caucho triturado al 30%	26
Caucho triturado al 45%	26
Caucho triturado al 60%	26
Caucho triturado al 75%	26

Al terminar la prueba de abrasión la probeta con más desgaste fue la de caucho Scrap, en menor proporción en las probetas de 15% y 30% de caucho triturado, mientras que las probetas con caucho al 45%, 60% y 75% la abrasión sufrida es nula.

3.5.4 Prueba de Absorción

La norma (Inen nte 890, 2013) establece la manera del como determinar la resistencia a los líquidos a los materiales elaborados de caucho, la norma dispone de conceptos y la guía para realizar el ensayo, en base a esto se preparó elementos de prueba, los cuales cortaron con las siguientes medidas: 18 cm de largo por 7.5 cm de ancho y 2.5 cm de espesor (figura 22).



Figura 22: Probetas para prueba de absorción

Las probetas fueron sumergidas por completo en agua (figura 23), durante un período de 24 h, terminado el tiempo de absorción, se procedió con la extracción y secado superficialmente.



Figura 23: Saturación con agua

Con ayuda del equipo de flotabilidad se pesó de forma individual las probetas obteniéndose el peso en aire de las muestras saturadas obteniendo el peso saturado superficialmente seco (figura 24).



Figura 24: Levantamiento de datos de peso en aire de la muestra saturada superficialmente seco

Luego se introduce cada probeta en la canastilla del equipo, está a su vez, se introduce en un recipiente con agua a fin de obtener la masa aparente dentro del agua (figura 25).



Figura 25: Masa aparente en agua

Paso siguiente se procede a depositar las probetas en una bandeja y llevadas al horno electrónico digital a 100 °C por otras 24 h (figura. 26).



Figura 26: Secado en el horno electrónico digital

Terminado el periodo de secado se deja reposar los elementos de prueba para que pierdan el calor que adquirieron en el horno, cuando estas pueden ser manipuladas sin riesgos alguno, se procede a obtener los pesos finales ver figura 27, con los cuales se establece la masa en aire de la muestra seca luego de ingresada al horno.



Figura 27: Peso de la muestra seca

La fórmula por emplear para determinar el porcentaje de absorción es:

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{(B-A)*100}{A} * 100 \quad (2)$$

Donde:

A = masa en aire de la muestra seca al horno

B = masa en aire de la muestra saturada superficialmente seco

C = masa aparente en agua de la muestra saturada.

3.6 Factibilidad ambiental y socioeconómica

3.6.1 Factibilidad técnica

La empresa asignó dentro de sus instalaciones un espacio adecuado y suficiente para la instalación de la maquinaria (fig. 28), a fin de que permita un buen desarrollo en la elaboración de los revestimientos.



Figura 28: Ubicación de la sección de elaboración de los revestimientos de ProCaucho

Fuente: (Google Earth, 2023)

3.6.2 Diagrama de operaciones

El siguiente diagrama de operaciones de la empresa se presenta en la figura 29.

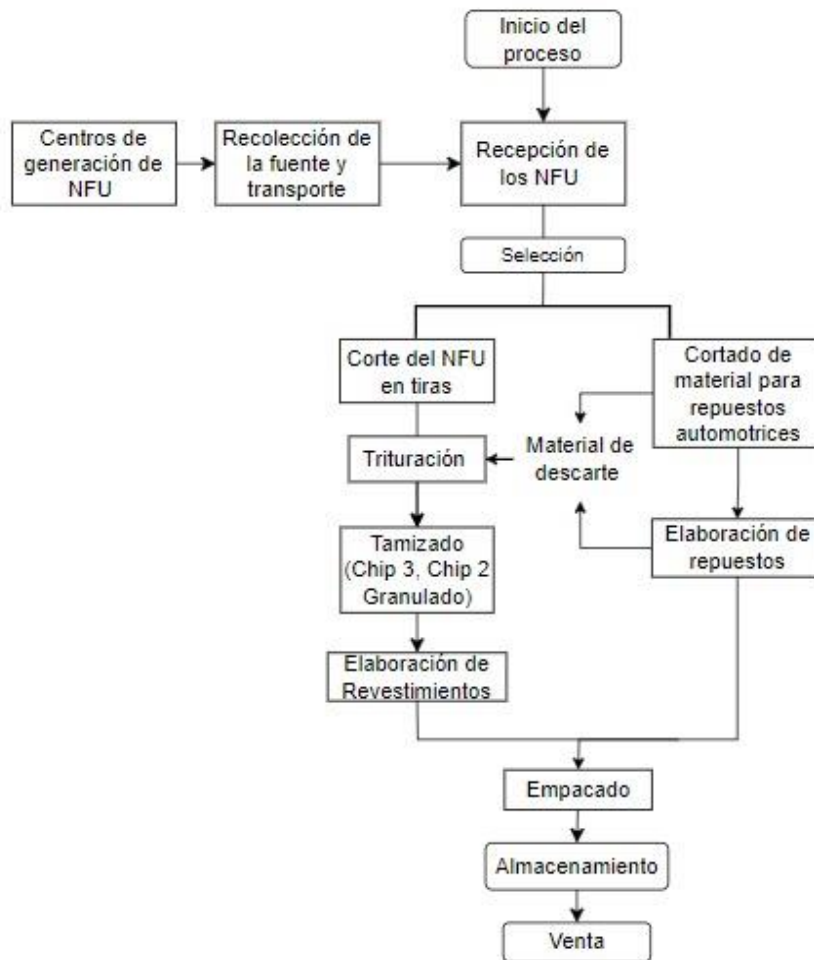


Figura 29: Diagrama de operaciones para realizar los revestimientos

3.6.3 Materia prima

La materia prima de (NFU) fue concedida por la empresa ProCaucho, quienes adquieren de dos formas diferentes: mediante convenios directos con diferentes tecnicentros y vulcanizadoras de la ciudad y provincias de la región sur del país, y; mediante el retiro de los puntos de recolección generados por SEGINUS de los NFU de distintos talleres e importadores a nivel nacional.

Los neumáticos fuera de uso forman parte del Listado Nacional Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos y Especiales en el Anexo C, según el Acuerdo Ministerial 142, (2012), y se los designa con el código ES-04.

Según el (Acuerdo NO. 061 REFORMA, 2015), en el capítulo VI, Gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, y desechos peligrosos y/o especiales, en el **Art. 123** del aprovechamiento, en el literal D, “todas las empresas, organizaciones o instituciones que se dediquen a la valorización, reúso o reciclaje de los desechos peligrosos y/o especiales deben realizar las acciones necesarias para que los sistemas utilizados sean técnicas, financieras, social y ambientalmente sostenibles”.

3.6.4 Maquinaria

Para la elaboración de los revestimientos se emplearon un total de 8 máquinas.

3.6.5 Personal

Para el correcto desarrollo del proyecto se requiere de 2 personas, un técnico en electricidad y mecánica y un obrero.

3.7 Factibilidad Operativa del estudio.

Consiste en la indagación de los diferentes recursos con los que cuenta la empresa para la realización de los procesos productivos, incluido el recurso humano. Este estudio nos da a conocer el nivel de aceptación que pueda existir en el personal con la implementación de un nuevo o mejor proceso (Rus, 2020).

Esta fase inicia con la recolección y operación de selección de los neumáticos fuera de uso en planta, actividad que es efectuada por un obrero y el chofer encargado. Luego el material recolectado pasa a las secciones de triturado y elaboración de repuestos.

La empresa ProCaucho asignó para la elaboración de revestimientos

- Personal de la empresa (2)
- Maquinaria (8)

3.7.1 Capital humano

Se agrupado al personal que trabaja de forma directa o por prestación de servicios en la empresa.

3.7.2 Maquinaria

La empresa asignó diferentes tipos de maquinaria o equipos para el desarrollo del proyecto, los mismos se enlistan en la tabla 9.

Tabla 9: Máquinas y Equipos.

Máquinas y Equipos	Cantidad
Trituradora	3
Tamiz	1
Molino a cielo abierto	2
Horno Prensa Hidráulica	2

La mayoría de los elementos nombrados han sido adecuados, ya que en el medio no existen maquinaria propia para el trabajo en caucho o materiales reciclados.

3.7.3 Reportes de funcionamiento

El retiro y entrega de certificados de destrucción de neumáticos fuera de uso, lleva la constancia de reportes, uno por semana y un informe final cada mes, mientras que los otros sectores están en gestión para obtener estos informes (tabla 10).

Tabla 10: Reportes de funcionamiento de la planta.

Sector	Disponible	Gestión
Trituración	Manifiestos de retiro y certificados de destrucción	
Tamizado		Informe de material tamizado pesado
Mezclado		Informe de caucho para uso
Revestimientos		Informe de revestimientos elaborados
Empacado y Venta		Informe de venta

3.8 Factibilidad económica

3.8.1 Inversión total

Para definir cantidad de inversión inicial del proyecto se realiza la sumatoria de la inversión fija y el capital de trabajo nos permite obtener la inversión total, para ello se aplicará la siguiente formula.

$$it = ct + if \quad (3)$$

Donde:

it= inversión total

ct= capital de trabajo (servicios básicos y sueldos de empleados)

if= inversión fija (maquinaria)

3.8.2 Egresos

Mediante la revisión bibliográfica se pudo conocer sobre los temas pertinentes con los egresos de una empresa, por ello en este apartado determinamos en primer punto la depreciación de maquinaria y herramientas, como los gastos de funcionamiento y operación de la planta.

3.8.3 Ingresos

Son las ganancias que se pretende conseguir a mediano y largo plazo con la venta de los revestimientos. La proyección de los ingresos se realiza mediante un estudio de mercado.

3.8.4 Flujo de caja

a. Criterios del VAN y TIR

Para determinar el Valor Actual Neto se empleó una tasa pasiva determinada por el Banco Central del Ecuador empleadas por diferentes instituciones financieras para pagar por el dinero que se ahorra en ellas, con esta tasa pasiva se definió los flujos futuros al valor presente, ya que, en caso de no realizarse el proyecto, este dinero generaría ganancias si se ahorrará en un banco. La tasa pasiva del Banco Central en el año 2023 es de 1.71% = (i).

Formula del VAN

$$VAN = -I + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n} \quad (4)$$

Donde:

VAN= valor actual neto

FC_n= flujo de caja

i = tasa pasiva

La tasa interna de retorno no es más que la tasa de interés que se gana con el proyecto por invertir en su implementación y funcionamiento, así que, si la tasa obtenida es menor a la que paga el banco, el proyecto se vuelve no conveniente ya que generaría pérdidas, si la TIR es igual a cero el proyecto no generaría ni pérdidas ni ganancias, entonces si la TIR es mayor a la tasa que pagan los bancos el proyecto generaría ganancias

Formula del TIR

$$TIR = -I + \frac{FN_1}{(1+i)^1} + \frac{FN_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FN_n}{(1+i)^n} \quad (5)$$

Donde:

TIR= tasa interna de retorno

FN_n= flujo de neto

i = tasa pasiva

3.8.5 Factibilidad ambiental

La elaboración de los revestimientos de caucho reciclado disminuye la extracción este recurso natural en la fabricación de este tipo de elementos. Además, el proceso de confección emite bajos niveles de contaminantes como gases de efecto invernadero y el consumo de energía es menor que el necesario para obtener un revestimiento convencional.

La implementación de un emprendimiento de elaboración de revestimientos de caucho reciclado en la ciudad de Cuenca generaría beneficios sociales ya que generaría fuentes de empleo y ayudaría a fomentar la conciencia ambiental en la comunidad y promover la economía circular.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los revestimientos elaborados en caucho scrap se confeccionaron en material reciclado, estos fueron tomados como referencia para conocer el comportamiento de los productos resultantes de los diversos tratamientos a fin de determinar los cambios sufridos en las pruebas aplicadas.

4.1 Resultados de las pruebas

4.1.1 Dureza en los revestimientos

Las pruebas aplicadas para determinar la dureza de los revestimientos se basan en las normas (Astm D2240, 2017), las que establecen los procedimientos y uso de equipos empleados en los ensayos. para obtener los resultados de dureza se toma tres unidades por tratamiento, a las mismas se divide en tres secciones de las cuales se obtiene nueve puntos (tabla 11).

Tabla 11: Dureza del revestimiento de caucho scrap

Caucho scrap			
Revestimientos	Dureza shore A		
Rev. 1	46	43	46
	45,5	45	45
	44	44,5	45,5
Rev. 2	45	46	46
	46	46	43
	43	45	45
Rev. 3	45	44	44
	46	45,5	45
	44	46	45

El tratamiento 2 presenta los primeros incrementos en la dureza (tabla 12).

Tabla 12: Dureza del revestimiento con caucho triturado al 15%

Caucho triturado al 15%			
Revestimientos	Dureza shore A		
Rev. 1	48	47	49
	50	46	46
	46,5	47,5	51
Rev. 2	49	48	47
	50	44	46
	48	46	51
Rev. 3	48,5	49	48
	48	48	47
	46	51	49

Es tratamiento 3 presenta un promedio de 55 en la medición de la dureza (tabla 13).

Tabla 13: Dureza del revestimiento con caucho triturado al 30%

Caucho triturado al 30%			
Revestimientos	Dureza shore A		
Rev. 1	53	56	54
	55	56	55
	56	53	56
Rev. 2	54	56	52
	53	53	55
	55	56	56
Rev. 3	53	55	54
	52	55	56
	55	56	54

Para el tratamiento 4 el comportamiento de aumento de la dureza es casi similar (tabla 14).

Tabla 14: Dureza del revestimiento con caucho triturado al 45%

Caucho triturado al 45%			
Revestimientos	Dureza shore A		
Rev. 1	55	58	57
	56	56	56
	55	56	55
Rev. 2	56	58	57
	57	57	56
	56	57	56
Rev. 3	55	58	55
	57	56	57
	56	55	56

El tratamiento 5 muestra la misma tendencia de crecimiento en los niveles de dureza (tabla 15).

Tabla 15: Dureza del revestimiento con caucho triturado al 60%

Caucho triturado al 60%			
Revestimientos	Dureza shore A		
Rev. 1	57	58	57
	58	56	55
	58	58	58
Rev. 2	57	57	56
	59	57	58
	58	55	57
Rev. 3	59	56	58
	56	58	57
	58	57	59

El tratamiento 6 se obtuvo el grado más alto de dureza (tabla 16).

Tabla 16: Dureza del revestimiento con caucho triturado al 75%

Caucho triturado al 75%			
Revestimientos	Dureza shore A		
Rev. 1	61	62	59
	60	62	60
	61	60	61
Rev. 2	60	61	60
	62	60	61
	61	61	62
Rev. 3	61	63	61
	60	61	62
	61	62	61

Una vez con estos datos se obtiene la media aritmética de todos los tratamientos aplicando la fórmula expuesta a continuación

Media Aritmética

$$\bar{x} = \frac{x_{y^2} + x_{y^2} + x_{y^2} \dots + x_{y^2}}{n} \quad (6)$$

$$\bar{x} = \frac{404,5}{9}$$

$$\bar{x} = 45$$

Como paso final se determina el promedio general de cada tratamiento (tabla 17).

Tabla 17: Promedio de dureza de cada tratamiento

Combinaciones de caucho	Media aritmética
Scrap	45
Caucho triturado al 15%	48
Caucho triturado al 30%	55
Caucho triturado al 45%	56
Caucho triturado al 60%	57
Caucho triturado al 75%	61

Partiendo del resultado de dureza en los revestimientos de Scrap, se puede verificar la existencia de una relación lineal según el incremento del porcentaje de caucho triturado, según se observa en la figura 30.

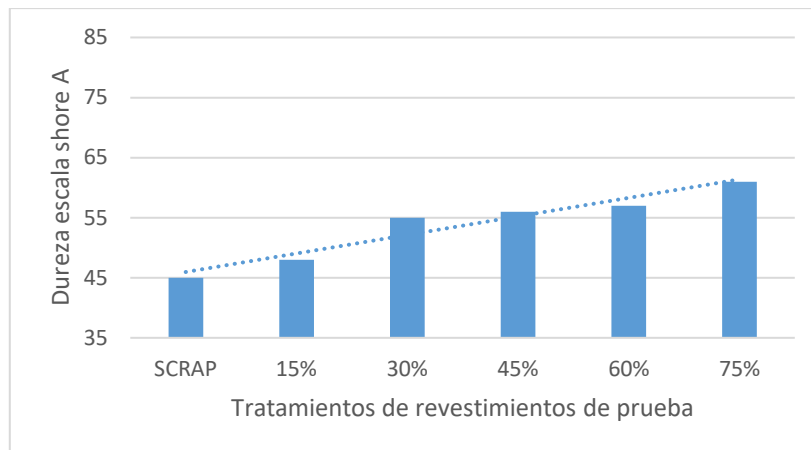


Figura 30: Incremento de la dureza en cada tratamiento

Los tratamientos de caucho Scrap, así como los de caucho triturado al 15%, 30%, 45%, puede ser empleados en diferentes áreas como:

- Patios domiciliarios
- Otros espacios

El caso de los revestimientos con caucho triturado al 60% y 75% cumplen con los rangos necesarios y pueden ser empleados a zonas de alto tráfico como:

- Zonas de juego
- Parques
- Gimnasios

Este tipo de piezas no deben ser empleadas en áreas como jardines infantiles, pistas atléticas u hospitales, ya que entre los requerimientos se exige que su instalación sea de forma continua para facilitar el aseo, evitar molestias por acumulación de polvo o basura entre las uniones entre revestimientos.

4.2 Determinación de la compresión residual

Acorde a lo establecido en la norma (Nte inen 889, 1982), y luego de haber obtenido los datos de compresión residual bajo carga constante, se obtiene el valor de C de cada probeta, se aplica un promedio aritmético para conocer el porcentaje de la compresión residual en cada tratamiento (tabla 18) :

Tabla 18: Compresión residual del revestimiento de caucho Scrap

Caucho Scrap				
Probeta circular	Medida inicial mm	Medida final mm	Espaciador	Compresión residual (C)
1	25,00	23,50	10,00	10,00
2	25,50	23,50	10,00	12,90
3	25,00	24,00	10,00	6,67
Promedio				9,86

El tratamiento 2 presenta como promedio de deformación sufrida por la compresión ejercida 5,41% uno de los valores de menor daño sufrido (tabla 19).

Tabla 19: Compresión residual del revestimiento con caucho triturado al 15%

Caucho triturado al 15%				
Probeta circular	Medida inicial mm	Medida final mm	Espaciador	Compresión residual (C)
1	25,00	24,50	10	3,33
2	25,50	25,00	10	3,23
3	25,50	24,00	10	9,68
Promedio				5,41

Los resultados del tratamiento 3 nos presenta un aumento en el porcentaje de daño sufrido (tabla 20).

Tabla 20: Compresión residual del revestimiento con caucho triturado al 30%

Caucho triturado al 30%				
Probeta circular	Medida inicial mm	Medida final mm	Espaciador	Compresión residual (C)
1	25	24	10	6,67
2	25	24,5	10	3,33
3	26	24,5	10	9,38
Promedio				6,46

Al realizar el análisis del tratamiento 4 podemos decir que la recuperación de estas probetas es lo esperado por su incremento de la sustitución de caucho Scrap (tabla 21)

Tabla 21: Compresión residual del revestimiento con caucho triturado al 45%

Caucho triturado al 45%				
Probeta circular	Medida inicial mm	Medida final mm	Espaciador	Compresión residual (C)
1	25	24	10	6,67
2	25	24	10	6,67
3	25	24,5	10	3,33
Promedio				5,56

Al cotejar los valores finales y analizar el comportamiento de las probetas se puede deducir al fallo en la probeta 3 (tabla 22)

Tabla 22: Compresión residual del revestimiento con caucho triturado al 60%

Caucho triturado al 60%				
Probeta circular	Medida inicial mm	Medida final mm	Espaciador	Compresión residual (C)
1	25	24	10	6,67
2	25	24	10	6,67
3	25	23,5	10	10,00
			Promedio	7,78

Como se puede ver con los diferentes tratamientos el caucho tiene comportamientos muy cambiantes ya que el tratamiento 6 exhibe una mejor recuperación a la compresión ejercida (tabla 23).

Tabla 23: Compresión residual del revestimiento con caucho triturado al 75%

Caucho triturado al 75%				
Probeta circular	Medida inicial mm	Medida final mm	Espaciador	Compresión residual (C)
1	26	25	10	6,25
2	26	24,5	10	9,38
3	26	25,5	10	3,13
			Promedio	6,25

La figura 31 muestra el grado de deformación permanente que sufrieron las probetas luego de la compresión aplicada a las diferentes combinaciones de caucho triturado y caucho Scrap.

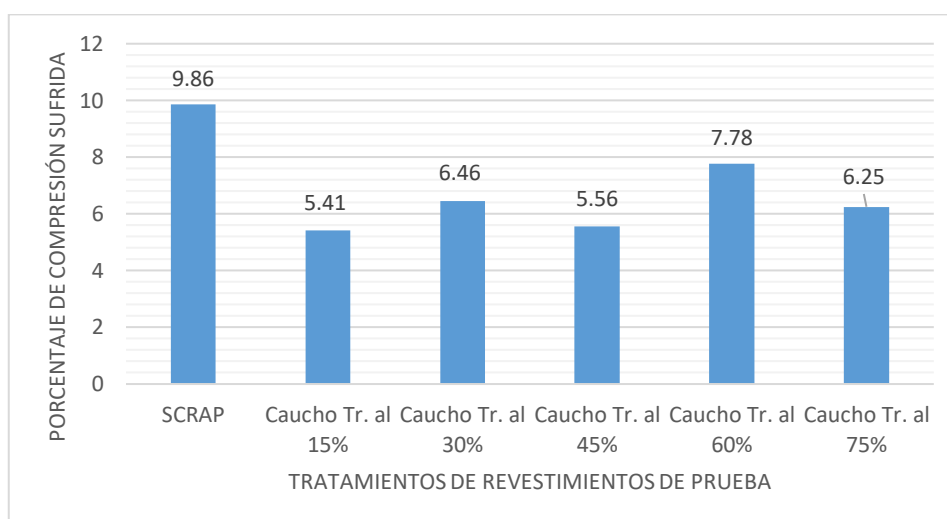


Figura 31: Compresión Residual de las combinaciones de caucho.

De los resultados encontrados, se puede confirmar que; el caucho Scrap fue el elemento que sufrió una mayor deformación permanente con el 9,86% en comparación a los tratamientos elaborados con distintos porcentajes de caucho triturado.

4.3 Abrasión.

El resultado de la prueba de desgaste sufrido por cada probeta refleja que mientras más triturado de caucho se adicione, la resistencia a la abrasión incrementa (tabla 24).

Tabla 24: Pesos iniciales, finales y masa perdida en las probetas de los 6 tratamientos

Probetas	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)	Perdida (mg)
Caucho scrap	26	24	2000
Caucho triturado 15%	26	25	1000
Caucho triturado 30%	26	25	1000
Caucho triturado 45%	26	25	1000
Caucho triturado 60%	26	26	0
Caucho triturado 75%	26	26	0

Los datos de desgaste se muestran en la figura 32 a continuación:

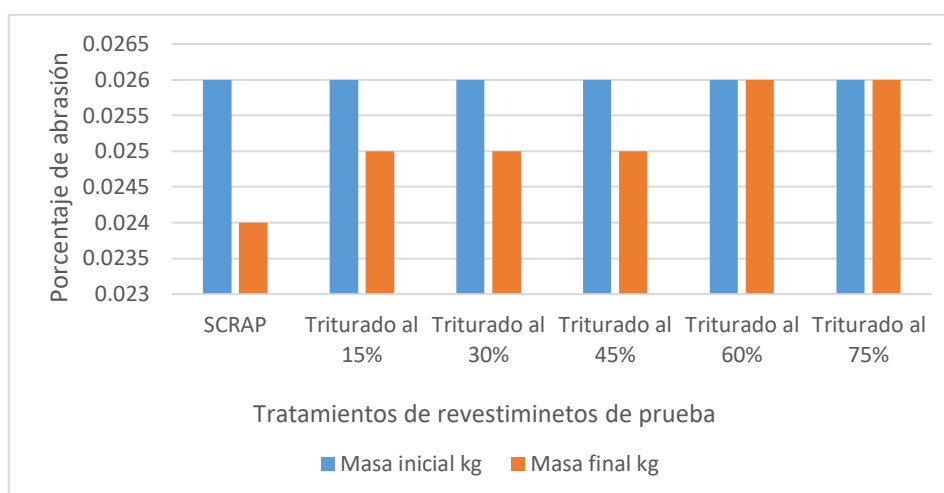


Figura 32: Resultados de Abrasión aplicada a probetas de caucho.

De los resultados expuestos, se puede observar que la probeta con mayor desgaste (peso inicial – peso final) es la de caucho scrap. Las probetas elaboradas con caucho triturado al 15%, 30% y 45% presentan un desgaste similar evidenciados en la figura 32 ya que las tres combinaciones pierden un gramo en peso luego de la prueba.

En caso de los dos últimos tratamientos de caucho triturado al 60% y 75%, el desgaste sufrido es insignificante, ya que no presenta pérdida de masa luego de la prueba.

4.4 Determinación del porcentaje de absorción.

Según lo indicado en la norma (Inen nte 890, 2013), el ensayo de resistencia a líquidos, se determina los porcentajes de absorción que presenta el caucho en las distintas unidades de tratamiento elaboradas (figura 33).

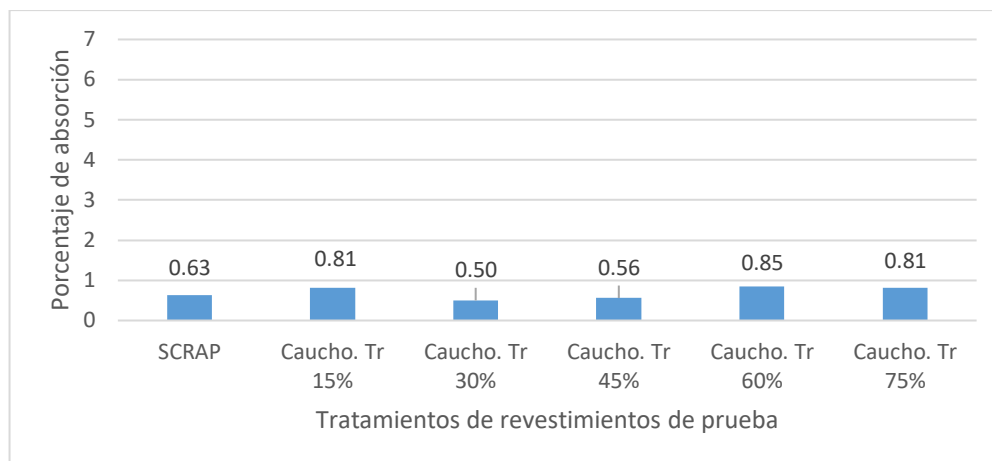


Figura 33: Porcentaje de absorción de los diferentes revestimientos de caucho

Como se puede observar, los valores de absorción son muy bajos, esto probablemente se debe que el caucho tiene gran repelencia a los líquidos.

El tratamiento que mayor nivel de absorción presenta es el correspondiente al que contiene 60% de caucho triturado, con un 0,85% de absorción; en tanto que, el tratamiento con 30% de caucho triturado refleja un mejor comportamiento en esta prueba con un porcentaje de absorción del 0,50.

4.5 Factibilidad económica

4.5.1 Inversión total.

Al contar con los datos necesarios como de inversión fija y capital de trabajo se define la inversión total necesaria para el proyecto (tabla 25).

Tabla 25: Inversión total de la sección de revestimientos

Operación	Capital
Inversión Fija	31.470,00
Capital de Trabajo	563,70
Total	32.033,70

a. Inversión fija

En este apartado se detallarán los diversos valores utilizados en equipos de oficina, equipos empleados en la elaboración de los revestimientos, gastos de salarios y gastos generados previos a la venta del producto, estos se detallan en la tabla 26.

Tabla 26: Inversión fija para adquirir la maquinaria.

Máquinas	Cantidad	Precio/unid	Precio total
Trituradora	3	4.000,00	12.000,00
Tamiz	1	270,00	270,00
Molino a cielo abierto	2	4.600,00	9.200,00
Horno Prensa Hidráulica	2	5.000,00	10.000,00
TOTAL			31.470,00

b. Capital de trabajo

Debido a que en los primeros meses de producción de los revestimientos no se espera una demanda del producto, la empresa cubrirá los gastos generados que ascienden a \$563,70. Estos valores se desglosan de sueldos de operarios, servicios básicos y otros valores expresados en la tabla 27.

Tabla 27: Capital de trabajo para funcionamiento de la planta de revestimientos.

Concepto		Valor
Materia Prima		
Servicios básicos	Factura de Agua	9,00
	Factura de electricidad	45,00
	Servicio de Internet	29,70
Mano de Obra	Operario 1	480,00
TOTAL		563,70

4.5.2 Egresos

Para determinar el presupuesto de egresos se debe realizar el análisis de la depreciación sufrida por la maquinaria y herramientas, así como de los gastos por los servicios de energía eléctrica, agua, internet, los gastos de mantenimiento de la maquinaria.

Los gastos por mantenimiento de los equipos de la empresa no superan los 70 dólares al mes, unos 840 dólares anuales y el porcentaje de depreciación anual que se usa es de un 10% anual, análisis que se puede observar en la tabla 28.

Tabla 28: Depreciación de Maquinaria y Herramientas.

Maquinaria y herramientas	Valor inicial	Tasa	Valor de depreciación anual (\$)
Trituradora	4.000,00	10%	400,00
Tamiz	270,00	10%	27,00
Molino a cielo abierto	4.600,00	10%	460,00
Horno Prensa Hidráulica	5.000,00	10%	500,00
TOTAL			1.387,00

Otros egresos que se toma en cuentan son los de gastos administrativos que bordan los 30 dólares y sueldos de los operarios, que llagan a ser de 460 dólares al mes por obrero, dando un valor de 920 dólares.

En la tabla 29 podemos apreciar los egresos mensuales como anuales de la empresa por la actividad de fabricación de los revestimientos.

Tabla 29: Egresos de funcionamiento y operación de la planta

Egresos	Valor mensual	Valor año
Energía eléctrica	45,00	540,00
Agua potable	9,00	108,00
Internet	29,70	356,40
Mantenimiento de equipos	70,00	840,00
Depreciación de maquinaria y herramientas	115,39	1.384,68
Sueldos de obreros	480,00	5.760,00
Otros gastos administrativos	30,00	360,00
Total		9.349,08

4.5.3 Ingresos

La investigación de productos similares existentes en el mercado permitió fijar un valor mínimo para los revestimientos elaborados de \$28 USD. por m², se espera una gran aceptación de los revestimientos por sus beneficios, ya que se puede ser instalados en diversas áreas como se menciona en el análisis de resultados con una proyección de una demanda de 500 m² o 2.500 unidades, para el primer año de producción de los revestimientos, teniendo en consideración que se requerirá de 5 unidades para cubrir 1.08 m² (medidas por unidad de revestimiento l=0.60m, a=0.36m, A=0.216m²).

Se esperaría que para los siguientes años la demanda en ventas tenga un incremento del 2% al año, así como un aumento en el precio por m² de un 3% (tabla 30).

Tabla 30: Ingresos anuales por ventas de revestimientos

Años	Unidades	Precio por m ²	Ventas Totales
Año 1	2.500	28,00	14.000,00
Año 2	2.550	28,84	14.708,40
Año 3	2.600	29,68	15.433,60
Año 4	2.650	30,52	16.175,60
Año 5	2.700	31,36	16.934,40
Total			77.252,00

4.5.4 Flujo de caja

Como parte del análisis financiero se realiza el cálculo del flujo de caja, cuyos valores a tomar en cuenta se desglosan en la tabla 31, además se determinó los valores del VAN y el TIR.

Para así contar con una idea más clara sobre la factibilidad económica del estudio y su desarrollo a largo tiempo.

Tabla 31: Flujo de Caja anual de la empresa

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS						
Saldo inicial	0,00	0,00	4.656,92	9.838,64	15.556,46	21.821,50
Ventas						
Contado	0,00	14.000,00	14.708,40	15.433,60	16.175,60	16.934,40
Total, de ingresos	0,00	14.000,00	14.708,40	15.433,60	16.175,60	16.934,40
Flujo Total de efectivo	0,00	14.000,00	19.365,32	25.272,24	31.732,06	38.755,90
EGRESOS						
Costos de Servicio	0,00	3.223,08	3.223,08	3.223,08	3.223,08	3.223,08
Energía Eléctrica	0,00	540,00	540,00	540,00	540,00	540,00
Agua potable	0,00	108,00	108,00	108,00	108,00	108,00
Internet	0,00	356,40	356,40	356,40	356,40	356,40
Mantenimiento de equipos	0,00	840,00	840,00	840,00	840,00	840,00
Depreciación de maquinaria y herramientas	0,00	1.364,68	1.364,68	1.364,68	1.364,68	1.364,68
GASTOS ADMINISTRATIVOS						
Sueldo de Obrero	0,00	5.760,00	5.932,80	6.110,78	6.294,10	6.482,93
Otros gastos administrativos	0,00	360,00	370,80	381,92	393,38	405,18
Total, de egresos	0,00	9.343,08	9.526,68	9.715,78	9.910,56	10.111,10
Utilidad neta	0,00	4.656,92	9.838,64	15.556,46	21.821,50	28.644,80
Inversión fija	-31.470,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Capital de trabajo	-563,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FLUJO DE CAJA	-32.033,70	4.656,92	9.838,64	15.556,46	21.821,50	28.644,80

Nota. Los gastos administrativos desde el año 1 se estimaron con una inflación promedio del 3%.

4.5.5 Criterio del VAN

Con el supuesto que las ventas lleguen a 500m², se obtiene un VAN positivo y mayor a 1 esto luego de aplicar la formula del VAN (ecuación 4), las ganancias del proyecto llegan a ser de \$43.547,53 dólares en una proyección de cinco años, para el cálculo se aplicó la siguiente formula y su resultado (tabla 32).

Tabla 32: Valor Actual Neto

Años	Flujo de Fondos	de Flujo Neto de Fondos Actualizados 1.71%
Año 0	-32.033,70	-32.033,70
Año 1	4.656,92	4.578,63
Año 2	9.838,64	9.510,60
Año 3	15.556,46	14.784,95
Año 4	21.821,50	20.390,60
Año 5	28.644,80	26.316,46
VAN		43.547,53

4.5.6 Criterio del TIR

Empleando la ecuación 5 se determina un valor de \$43.547,53, con un TIR del 30%, mayor a la tasa pasiva de los bancos del 1,71%. Con esto se puede decir que el proyecto es viable.

4.6 Discusión de resultados.

El estudio realizado por Trivelli y Ysea, (2017), "Desarrollo de baldosas de seguridad a base de caucho reciclado para uso en parques infantiles", efectuado en Córdoba, Argentina; señala que, al mezclar un caucho crudo y polvo de neumáticos fuera de uso, la dureza se incrementa dependiendo de la cantidad de polvo empleado en relación al caucho crudo, en este caso las baldosas pueden llegar a tener una mayor dureza pero una menor calidad.

Los revestimientos que tengan un espesor de 15mm, permiten obtener una mayor seguridad ya que reflejan una dureza de 35 en la escala shore A, esto no generaría molestias en las personas debido a golpes causados por caídas, al comparar con los resultados de la dureza de los tratamientos realizados en el estudio, los revestimientos de caucho scrap, caucho triturado al 15, 30,45, 60% están dentro de este rango de cauchos blandos que va de 45 a 55 en la escala de shore A, de acuerdo a este estudio.

Citando a (Aparicio, 2020) los cauchos que se encuentran en el rango de 60-80 en la escala shore A son considerados como rígidos y la mayoría de sus aplicaciones es en parques o zonas de alto tráfico, en el experimento realizado, el tratamiento 6 es el único que se puede considerar como caucho rígido. por esta razón se toma en consideración al revestimiento elaborado con el 75% de caucho triturados y 25% de caucho Scrap.

El revestimiento o tratamiento que mostro un mejor comportamiento en cuanto a la compresión es la combinación de caucho Scrap con 15% de material triturado, presentando una deformación del 5,41%, siendo está menor a las presentadas en los otros tratamientos. En las pruebas aplicadas por (Trivelli y Ysea, 2017), en su trabajo "Desarrollo de baldosas de seguridad a base de caucho reciclado para uso en parques infantiles" los resultados obtenidos superaron el 37% en todos los tratamientos, cabe señalar que el caucho empleado en la elaboración de los elementos de prueba fueron realizados con caucho virgen (caucho sin previo uso).

La suma de la recuperación ante presiones constantes que puedan sufrir estos revestimientos por la aplicación de cargas sobre de este tipo de productos. En cuanto al desgaste que pueda sufrir por el alto tráfico que se pueda presentar, demuestra que el caucho Scrap por sí solo tiene una cierta desventaja ante los demás tratamientos, en lo concerniente a la resistencia a líquidos, estos elementos cuentan con una gran fortaleza y cumple con lo que nos dice Armas Juan y Baño Nathalia, (2013).

Según (Armas Juan y Baño Nathalia, 2013), "Estudio de factibilidad para la fabricación y comercialización de productos en caucho reciclado de llantas usadas", la absorción para este tipo de productos de caucho reciclado debe ser menor al 7%, por lo cual podemos decir que los

diferentes revestimientos del presente estudio tienen un comportamiento favorable en este tipo de pruebas, ya que todos los tratamientos tienen una absorción menor al 1%.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

El procedimiento empleado para la elaboración de revestimientos para superficies mediante la combinación de caucho Scrap y caucho triturado permitió una mejor adhesión de la materia prima debido al tiempo de vulcanización empleado, logrando una estructura más compacta.

Los diferentes tratamientos realizados presentan diferentes características, lo que permite que estos pueden ser utilizados para diversos propósitos.

Las características físicas y mecánicas de los revestimientos elaborados permitieron determinar según los rangos de dureza, que las combinaciones de 15%, 30% y 45% pueden ser empleados en patios domiciliarios y otros espacios de construcción menor. En tanto que, las combinaciones de 60 y 75% podrían ser empleadas en zonas de juegos, parques y gimnasios, ya que, de acuerdo a las pruebas de abrasión, presentan un desgaste no significativo, lo que permitiría un alto tráfico peatonal.

Las pruebas de compresión determinaron que la combinación del 15% tiene una mejor recuperación a la aplicación de cargas estáticas.

En cuanto al porcentaje de absorción de líquidos, todos los tratamientos presentaron un porcentaje inferior al 1%, consiguiendo revestimientos casi impermeables.

La elaboración de revestimientos a base de caucho reciclado es viable desde el punto de vista ambiental para la ciudad de Cuenca, ya que reduciría la demanda de espacio para la disposición final de estos residuos, lo que alargaría la vida útil del relleno sanitario de la ciudad.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES.

Se recomienda realizar ensayos con revestimientos de diferentes espesor y tiempos de vulcanización, con el fin de poder definir los efectos a lo largo del proceso.

Realizar análisis de características físicas según su espesor y tamaño de granulado de neumáticos fuera de uso.

Elaborar tratamientos con granulados de diferente tamaño, con el objetivo de analizar las características que puede dar los diferentes tamaños del granulado.

Es necesario analizar los costos de producción y contar con un proveedor del caucho natural o Scrap para garantizar la materia prima y la disminución de costos de inversión.

Se recomienda realizar un estudio de la conveniencia para el uso de este tipo de revestimientos en fábricas, talleres de metalurgia, mecánicas automotrices, debido a sus características.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- Acuerdo Ministerial 142. (2012). *Listado nacional sustancias químicas peligrosas desechos peligrosos*. 3516, 1-3.
- Acuerdo Ministerial 98. (2015). Instructivo Para La Gestion Integral De Neumaticos Usados. *Ministerio Ambiente*, 1-17. www.lexis.com.ec
- Acuerdo NO. 061 REFORMA. (2015). Registro oficial Año II No 316, acuerdo No 61 reforma del libro VI del texto unificado de legislación secundaria. *Tribunal Constitucional de la República del Ecuador*, 1-80. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_acuerdo-ministerial-061.pdf
- Aguinsaca, A., y Puga, C. (2019). *Diseño y evaluación del comportamiento estructural de mampostería sismorresistente con materiales reciclados, para emplearlos en la construcción de edificaciones* (Número 1).
- Albo, M. (2019). *Análisis de la factibilidad ambiental de proyectos de desarrollo local*.
- Alonso, L. (2022). Aprovechamiento Del Caucho Proveniente De Neumáticos Fuera De Uso En Elastómeros Autorreparables. *Universidad De Valladolid*, 17. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/55037>
- Aparicio, L. (2020). *Desarrollo de baldosas con caucho reciclado de neumáticos fuera de uso*.
- Armas Juan, y Baño Nathalia. (2013). *Estudio De Factibilidad Para La Fabricación Y Comercialización De Productos En Caucho Reciclado De Llantas Usadas (Adoquines De Caucho, Vinil De Caucho, Etc.) En La Ciudad De Quito*. 28. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5825/1/UPS-QT04316.pdf>
- Astm D2240. (2017). *Método de prueba estándar para Propiedad del caucho: dureza del durómetro*. 13.
- Becerra, J. (2021). Diseño ambiental y análisis económico de bloques con agregados de plástico reciclado (pet), en la ciudad de Cuenca. *Universidad Católica de Cuenca*, 1-71. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/7954>
- Cardona, L., y Sánchez, L. M. (2011). Aprovechamiento de llantas usadas para la fabricación de pisos decorativos. *Dyna*, 205.
- Chamba, F., y Benavides, J. (2019). *Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando caucho triturado de neumático reciclado*.
- Clemente, J. (2022). El caucho triturado y su efecto en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, sustituyendo al agregado fino. *Universidad Peruana Los Andes*, 0003, 1-126.
- Contreras, P., y Ferro, C. (2016). *Plan de negocios para la creación de una empresa de producción y comercialización de baldosas a partir de caucho reciclado en la ciudad de Bogotá*.
- Correa, C. (2020). *Elaboración de un bloque, utilizando plástico y caucho reciclado como agregado en la mezcla de mortero, para viviendas de interés social en la Troncal provincia del Cañar*.
- Duvergél, Y., y Argota, L. (2017). *Economic feasibility study of the product cuban automated system for the control of medical equipment*. 6(Edición 24), 46-63.
- Espinosa, W., y Tatamués, R. (2016). *Diseño y simulación de una máquina trituradora de llantas, de una tonelada por hora de capacidad, para la empresa Optra-sembres*.
- Fariño, K. (2022). *Análisis del impacto ambiental causado por la fabricación, uso y disposición final de neumáticos; con propuesta de reciclaje en bloques de hormigón*. 1-96.
- Goñas, R., y Saavedra, G. (2020). Determinación del uso de caucho de llantas y concreto reciclado

- en la fabricación de bloques de concreto B12, Lima 2019. *Google Academico*, 1-71. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guiracocha, B., y Suarez, M. (2022). *Radialización de llantas convencionales para la reducción del impacto ambiental*.
- Inen-Iso 4649 nte. (2015). *Ecuatoriana Nte Inen-Iso 14674*.
- Inen nte 890. (2013). Caucho, vulcanizado. determinación de la resistencia a los líquidos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 1. www.inen.gob.ec
- Jaimes, L., y Torres, K. (2019). Aprovechamiento del grano de caucho reciclado para la elaboración de adoquines ecológicos como una nueva alternativa a la industria constructiva. *Revista Politécnica*, 15(29), 33-44. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n29a3>
- Llumitasig, M. (2021). Implementación de un material compuesto utilizando polvo de neumático, para la fabricación de piso flexible para el uso en talleres automotrices. *Universidad técnica de cotopaxi*, 1, 101. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
- Luna, P. (2013). *Estudio de la aplicación potencial de cómpuestos obtenidos con residuos de caucho reciclado provenientes de continental Tire Andina como materiales estructurales*. 153.
- Martínez, J., y Martillo, J. (2020). Mortero Tradicional Con Caucho Reciclado Para Recubrimiento De Mampostería. En *Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil*.
- Mejía, J., y Pachacama, N. (2018). *Diseño de bloques para mampostería en obras civiles con agregados de fibras de caucho de neumáticos y plástico reciclado (PET)*.
- Morante, M. (2019). *Utilización de granulos de caucho tritura de neumáticos fuera de uso en mezcla asfálticas en frio con emulsión y material fresado*.
- Nte inen 889. (1982). *Determinación de la compresión resicual*.
- Pérez, R., y Saiz, L. (2018). Reciclado de neumáticos: transformación de un residuo en recurso. *Revista de Plásticos Modernos*, 115(730), 11-18.
- Reyes, D., y Villa, O. (2019). Prototipo de bloques simple más residuos carbonosas y caucho reciclado para mampostería de viviendas. En *Gestion Financiera de las cuentas por cobrar y su efecto en la Liquidez de la Compañía Wurth Ecuador S.A.*
- Rodriguez, E. (2020). *Propuesta para el aprovechamiento de llantas usadas. caso de estudio: Fabricación de baldosas de caucho de uso genera y aplicación de gránulo para pavimentación de pistas deportivas en Bogotá*. 14. <https://all3dp.com/2/fused-deposition-modeling-fdm-3d-printing-simply-explained/>
- Ruilova, K. (2022). *Identificación de estrategias para mejorar el desempeño ambiental en el aprovechamiento de residuos de caucho de los Artesanos de Narancay*.
- Saraza, V. (2019). Propuesta de negocio para la implementación de una empresa recolectora de llantas usadas para transformarlas en tejas de caucho (tejauchos) en la ciudad de Villavicencio. *Progress in Retinal and Eye Research*, 561(3), S2-S3. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5825/1/UPS-QT04316.pdf>
- Trivelli, L., y Ysea, N. (2017). *Desarrollo de baldosas de seguridad a base de caucho reciclado para uso en parques infantiles*. 105.
- Vargas, N. (2022). *Identificación de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del granulo de caucho reciclado soportado en vigilancia estratégica, un análisis para la ciudad de Bogotá*. 1-23.
- Vega, M. (2020). *Iniciativas nacionales para el reciclaje de llantas usadas en Colombia*. 21(1), 72.

ANEXOS

Anexo 1: Informes de laboratorio

Informe de absorción.

	Universidad Católica de Cuenca	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS (GRUESOS Y FINOS)			
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA GRAVA: MÉTODO VOLUMÉTRICO			
A=		g.	MASA EN AIRE DE LA MUESTRA SECA AL HORNO
B=		g.	MASA EN AIRE DE LA MUESTRA SSS
C=		g.	MASA APARENTE EN AGUA DE LA MUESTRA SATURADA
<p> GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA $\frac{A}{(B - C)}$ AL HORNO= </p> <p> GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADO $\frac{B}{(B - C)}$ SUPERFICIALMENTE SECO= </p> <p> GRAVEDAD ESPECÍFICA $\frac{A}{(A - C)}$ APARENTE= </p> <p> % DE ABSORCIÓN= $\frac{(B-A)X100}{A}$ </p>			

Datos de Absorción de caucho					
Probeta de caucho scrap					
	Datos	Gravedad Esp. S.H	Gravedad Esp. Sss	Gravedad Esp. A.	% de Absorción
A =	800 gr	1,149	1,156	1,157	0,63
B =	805 gr				
C =	109 gr				
Probeta de caucho scrap y caucho triturado al 15%					
	Datos	Gravedad Esp. S.H	Gravedad Esp. Sss	Gravedad Esp. A.	% de Absorción
A =	800,5 gr	1,155	1,164	1,166	0,81
B =	807 gr				
C =	114 gr				
Probeta de caucho scrap y caucho triturado al 30%					
	Datos	Gravedad Esp. S.H	Gravedad Esp. Sss	Gravedad Esp. A.	% de Absorción
A =	802 gr	1,179	1,185	1,186	0,5
B =	806 gr				
C =	126 gr				
Probeta de caucho scrap y caucho triturado al 45%					
	Datos	Gravedad Esp. S.H	Gravedad Esp. Sss	Gravedad Esp. A.	% de Absorción
A =	801,5 gr	1,168	1,174	1,176	0,56
B =	806 gr				
C =	120 gr				
Probeta de caucho scrap y caucho triturado al 60%					
	Datos	Gravedad Esp. S.H	Gravedad Esp. Sss	Gravedad Esp. A.	% de Absorción
A =	798 gr	1,173	1,183	1,185	0,88
B =	805 gr				
C =	125 gr				
Probeta de caucho scrap y caucho triturado al 75%					
	Datos	Gravedad Esp. S.H	Gravedad Esp. Sss	Gravedad Esp. A.	% de Absorción

A =	798,5 gr	1,142	1,151	1,153	0,81
B =	805 gr				
C =	106 gr				

OBSERVACIONES: Muestra depositado en el Laboratorio

LABORATORISTA

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Luis Paulino Tuba Ayala portador de la cédula de ciudadanía N.º 0105506802. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Aprovechamiento del caucho de neumáticos fuera de uso en la elaboración de revestimiento para superficies desarrollado en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 30 de enero de 2024



F:

Luis Paulino Tuba Ayala

0105506802