

UCUENCA

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Ambiental

Identificación de estrategias para mejorar el desempeño ambiental en el aprovechamiento de residuos de caucho de los Artesanos de Narancay

Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniera Ambiental

Autora:

Karla Dayanna Ruilova Peralta

C.I. 0107615049

Correo electrónico: karlaruilova2@gmail.com

Director:

Ing. Paúl Fernando Vanegas Peña

C.I. 0102596186

Cuenca, Ecuador

13-diciembre-2022

Resumen

Hoy en día, la gestión de neumáticos fuera de uso (NFU) representa una de las problemáticas más importantes a nivel global debido a sus posibles repercusiones sobre el medio ambiente y la salud. Se estima que anualmente a nivel mundial se generan entre 1300 y 1500 millones de toneladas (Mt) de estos residuos. El crecimiento del parque automotor por la dependencia que los seres humanos hemos desarrollado al uso de vehículos como principal medio de transporte y una ineficiente gestión de los neumáticos cuando llegan al final de su vida útil, generan preocupación y agravan aún más esta situación. En el contexto nacional, se han reconocido cerca de 30 organizaciones formales encargadas de dar un manejo adecuado a los aproximadamente 2,4 millones de NFU descartados anualmente. Sin embargo, la información acerca del reciclaje industrial y artesanal de NFU a nivel nacional y local es limitada, lo que ha dificultado su desarrollo. Tal es el caso de los Artesanos del caucho de Narancay, un grupo de personas ubicadas en la ciudad de Cuenca quienes desde hace tres generaciones han venido aprovechando el caucho de los NFU para elaborar distintos productos. Aunque sus actividades son reconocidas a nivel local y nacional se desconoce la existencia de estudios previos que hayan analizado las prácticas de aprovechamiento desempeñadas por este grupo desde un enfoque ambiental. En el marco de lo expuesto, el presente trabajo busca conocer los patrones de reciclaje de los Artesanos del caucho de Narancay mediante la aplicación de un instrumento de investigación y el Análisis de Flujo de Materiales (MFA por sus siglas en inglés) para posteriormente, desde un enfoque ambiental, identificar estrategias que contribuyan a una gestión adecuada de los residuos de caucho para un aprovechamiento más eficiente. Se estimó que durante el período julio de 2021 a junio de 2022 los artesanos recibieron 2790,32 t, las cuales se distribuyeron en tres canales a saber, procesamiento artesanal, exportación y entrega a EMAC, en porcentajes de 93,76 %, 5,95 %, y 0,29 %, respectivamente. El flujo de procesamiento artesanal es el más significativo con una entrada de 2583,58 t, que fueron aprovechadas en un 45,18 % para la elaboración de caucho triturado, 42,10 % para repuestos vehiculares, 9,52 % para bebederos, 3,02 % para tiras, 0,14 % para macetas y 0,03 % para muebles. Finalmente, a partir de los resultados del MFA se identificaron los flujos y actividades generadoras de impactos ambientales, en las cuales se basó la identificación de estrategias para el mejoramiento del desempeño ambiental de los Artesanos del caucho de Narancay. Dichas alternativas fueron valoradas por un equipo de expertos en el área de gestión y tratamiento de NFU, lo que permitió tener una visión sobre la adecuación, factibilidad y aceptabilidad de las mismas.

Palabras clave: Neumáticos fuera de uso. Gestión artesanal. Artesanos del caucho de Narancay. Análisis de flujo de materiales.

Abstract

Today, the management of end-of-life tires (ELTs) represents one of the most important global issues due to its potential environmental and health impacts. It is estimated that between 1.3 and 1.5 billion tons (Mt) of this waste is generated annually worldwide. The growth of the vehicle fleet due to the dependence that human beings have developed on the use of vehicles as the main means of transportation and the inefficient management of tires when they reach the end of their useful life, generate concern and aggravate this situation even more. In the national context, about 30 formal organizations have been recognized that are responsible for the proper management of the approximately 2,4 million NFU discarded annually. However, information about industrial and artisanal recycling of NFU at the national and local levels is limited, which has hindered its development. Such is the case of the Rubber Artisans of Narancay, a group of people located in the city of Cuenca who for three generations have been using the rubber of the NFU to make different products. Although their activities are recognized locally and nationally, there are no known previous studies that have analyzed the utilization practices carried out by this group from an environmental perspective. Within the framework of the above, the present work seeks to know the recycling patterns of the Narancay Artisans through the application of a research instrument and the Material Flow Analysis (MFA) in order to subsequently, from an environmental approach, identify strategies that contribute to an adequate management of rubber waste for a more efficient utilization. It was estimated that during the period July 2021 to June 2022 the Artisans received 2790,32 t, which were distributed in three channels: artisanal processing, export and delivery to EMAC, in percentages of 93,76 %, 5,95 %, and 0,29 %, respectively. The artisanal processing flow was the most significant with an input of 2583,58 t, 45,18 % of which was used for the production of shredded rubber, 42,10 % for vehicle spare parts, 9,52 % for drinking fountains, 3,02 % for strips, 0,14 % for flowerpots and 0,03 % for furniture. Finally, based on the results of the MFA, the flows and activities that generate environmental impacts were identified, on which the identification of strategies for the improvement of the environmental performance of the Rubber Artisans of Narancay was based. These alternatives were evaluated by a team of experts in the area of ELF management and treatment, which provided an overview of their suitability, feasibility and acceptability.

Key words: End-of-life tires. Artisanal management. Rubber Artisans of Narancay. Material flow analysis.

1. Introducción	13
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
2. Marco Teórico	16
2.1 Caucho Natural y Sintético	16
2.2 Neumáticos	17
2.2.1 Partes de un Neumático	18
2.2.2 Tipos de Neumáticos	20
2.2.3 Ciclo de Vida de los Neumáticos	21
2.3 Neumáticos Fuera de Uso	22
2.4 Economía Circular y su Relación con los Neumáticos Fuera de Uso	23
2.5 Alternativas Para el Tratamiento de Neumáticos Fuera de Uso	27
2.5.1 Recuperación de energía	27
2.5.2 Reciclaje Industrial de Neumáticos Fuera de Uso	28
2.5.3 Reciclaje Informal de Neumáticos Fuera de Uso	30
2.5.4 Reutilización	31
2.6 Gestión de Neumáticos Fuera de Uso en Ecuador	32
2.7 Principio de Responsabilidad Extendida del Productor	33
2.8 Análisis de Flujo de Materiales	34
3. Estado del Arte	35
4. Metodología	40
4.1 Identificación de fuentes, actores, procesos y productos	41
4.1.1 Levantamiento de Información	45
4.1.1.1 Acercamiento a los Actores y Levantamiento de Información Básica	45
4.1.1.2 Construcción del Instrumento de Investigación	46
4.1.1.3 Pilotaje del Instrumento de Investigación	47
4.1.1.4 Aplicación del Instrumento de Investigación	47
4.2 Procesamiento de la Información	47
4.2.1 Variación Porcentual Mensual	48
4.3 Análisis de Flujo de Materiales	48
4.3.1 Definición del Problema y Objetivos	49
4.3.2 Selección de Materiales	50
4.3.3 Definición del Sistema en el Espacio y Tiempo	52
4.3.4 Identificación de Flujos, Stock y Procesos	53

4.3.4.1 Determinación de los Coeficientes de Transferencia	53
4.3.5 Balance de Masas	55
4.3.6 Cálculo de Resultados	55
4.4 Validación de la Calidad de Datos	55
4.5 Verificación de Datos	61
4.6 Identificación de Actividades Generadoras de Impacto Ambiental	61
4.7 Identificación de Estrategias	65
4.8 Validación de Estrategias	67
5. Resultados	69
5.1 Aprovechamiento local de NFU	69
5.1.1 Macetas	73
5.1.2 Muebles	74
5.1.3 Repuestos vehiculares	75
5.1.4 Bebederos	82
5.1.5 Tiras	83
5.1.6 Triturado	84
5.2 Análisis de Flujo de Materiales	85
5.2.1 Flujo de Elaboración de Macetas	87
5.2.2 Flujo de Elaboración de Muebles	87
5.2.3 Flujo de Elaboración de Bebederos	88
5.2.4 Flujo de Elaboración de Tiras	89
5.2.5 Flujo de Elaboración de Repuestos Vehiculares	89
5.2.6 Flujo de Elaboración de Material Triturado	91
5.2.7 Flujo a EMAC	91
5.2.8 Flujo de Exportación	92
5.3 Identificación de Actividades Generadoras de Impactos Ambientales	92
5.4 Identificación de Estrategias para Mejorar el Desempeño Ambiental del Aprovechamiento de NFU	93
5.5 Validación de Estrategias	101
6. Discusión	104
7. Conclusiones	113
9. Limitaciones del Estudio	115
8. Recomendaciones	117
10. Referencias Bibliográficas	117
11. Anexos	131

UCUENCA

Anexo 1. Registro fotográfico del Taller “El rol de los Artesanos del Caucho de Cuenca de neumáticos: Perspectivas y desafíos”	131
Anexo 2. Variables generales, intermedias y empíricas	133
Anexo 3. Modelo del instrumento de investigación	135
Anexo 4. Registro fotográfico del levantamiento de información	140
Anexo 5. Unidades de NFU receptadas, aprovechadas y exportadas	141
Anexo 5a. Unidades de NFUR receptadas, aprovechadas y exportadas	141
Anexo 5b. Unidades de NFUC receptadas, aprovechadas y exportadas	142
Anexo 6. Cálculo de los coeficientes de transferencia	143
Anexo 7. Registro fotográfico de la ausencia de prácticas de salud y seguridad ocupacional	145
Anexo 8. Matriz de Leopold	148
Anexo 8a. Matriz de Leopold: Valoración de Impactos	148
Anexo 8b. Matriz de Leopold: Identificación de Impactos	149
Anexo 9. Validación de expertos	150

Índice de tablas

Tabla 1 Composición promedio de los neumáticos nuevos	14
Tabla 2 Partes del neumático y su función	15
Tabla 3 Composición promedio de los neumáticos usados	18
Tabla 4 Neumáticos importados en el 2021 por categoría	39
Tabla 5 Pesos de NFU en campo	47
Tabla 6 Puntuaciones e interpretación de los indicadores de la Matriz de Pedigree	52
Tabla 7 Matriz de Pedigree	53
Tabla 8 Valoración de la Matriz de Pedigree	55
Tabla 9 Factores ambientales	58
Tabla 10 Flujos y actividades de interacción con los factores ambientales	59
Tabla 11 Puntuaciones para evaluar la Magnitud del Impacto	61
Tabla 12 Puntuaciones para evaluar la Importancia del Impacto	61
Tabla 13 Equipo técnico de expertos	63
Tabla 14 Criterios de evaluación de estrategias	64
Tabla 15 Variación porcentual mensual	68
Tabla 16 NFU destinados a la elaboración de productos	69
Tabla 17 Estrategias identificadas	90
Tabla 18 Estrategias identificadas	97
Tabla 19 Valoración promedio del equipo de expertos	98

Índice de figuras

Figura 1 Partes de un neumático	15
Figura 2 Etapas y actores del ciclo de vida de los neumáticos	17
Figura 3 Modelos de Economía: De la economía lineal a la economía circular	20
Figura 4 Diagrama del sistema de economía circular	21

Figura 5 <i>Esquema de gestión de NFU según el Acuerdo Ministerial No. 098</i>	28
Figura 6 <i>Terminología empleada en la metodología de un MFA</i>	31
Figura 7 <i>Esquema de la metodología empleada</i>	37
Figura 8 <i>Esquema de etapas y actores del ciclo de vida de los neumáticos en el contexto local</i>	38
Figura 9 <i>Metodología de un Análisis de Flujo de Materiales</i>	44
Figura 10 <i>Mapa del límite espacial de los Artesanos del Caucho</i>	48
Figura 11 <i>Esquema general del aprovechamiento de caucho por los Artesanos del caucho de Narancay</i>	49
Figura 12 <i>Esquema de Modelo PER</i>	62
Figura 13 <i>Porcentaje de adquisición de NFU según la fuente</i>	66
Figura 14 <i>Esquema del aprovechamiento de NFU por los Artesanos del caucho de Narancay</i>	67
Figura 15 <i>Proceso de elaboración de macetas</i>	70
Figura 16 <i>Macetas colgantes</i>	70
Figura 17 <i>Macetas</i>	70
Figura 18 <i>Proceso de elaboración de muebles</i>	71
Figura 19 <i>Proceso de elaboración de repuestos vehiculares</i>	71
Figura 20 <i>Barra estabilizadora</i>	72
Figura 21 <i>Base de suspensión para autos</i>	72
Figura 22 <i>Base de suspensión para camionetas</i>	72
Figura 23 <i>Bases de motor</i>	73
Figura 24 <i>Tope</i>	73
Figura 25 <i>Brida</i>	74
Figura 26 <i>Templadores</i>	74
Figura 27 <i>Paquetes</i>	75
Figura 28 <i>Entrehojas</i>	75
Figura 29 <i>Conos</i>	76
Figura 30 <i>Amortiguador</i>	76
Figura 31 <i>Pera</i>	77
Figura 32 <i>Escapes</i>	77
Figura 33 <i>Bebederos</i>	78
Figura 34 <i>Proceso de elaboración de bebederos</i>	78
Figura 35 <i>Rollos de tiras</i>	79
Figura 36 <i>Cubrepisos para maquinaria pesada</i>	80
Figura 37 <i>Proceso de trituración</i>	80
Figura 38 <i>Análisis de Flujo de Materiales del Sistema de Aprovechamiento de los NFU de los Artesanos de Narancay</i>	82
Figura 39 <i>Flujo de elaboración de macetas</i>	83
Figura 40 <i>Flujo de elaboración de muebles</i>	84
Figura 41 <i>Flujo de elaboración de bebederos</i>	84
Figura 42 <i>Flujo de elaboración de tiras</i>	85
Figura 43 <i>Comercialización de repuestos vehiculares</i>	86
Figura 44 <i>Flujo de elaboración de repuestos vehiculares</i>	86
Figura 45 <i>Flujo de elaboración de triturado</i>	87
Figura 46 <i>Primer momento del taller: Trabajo lúdico con los Artesanos</i>	128
Figura 47 <i>Primer momento del taller: Exposición de los Artesanos del caucho</i>	128

UCUENCA

Figura 48 <i>Segundo momento del taller: Intervención de las autoridades de regulación</i>	129
Figura 49 <i>Tercer momento del taller: Diálogo entre actores</i>	129
Figura 50 <i>Aplicación del instrumento de investigación</i>	137
Figura 51 <i>Registro fotográfico: Ausencia de prácticas de salud y seguridad ocupacional en la elaboración de tiras</i>	142
Figura 52 <i>Registro fotográfico: ausencia de prácticas de salud y seguridad ocupacional en la elaboración de repuestos vehiculares</i>	143
Figura 53 <i>Registro fotográfico: ausencia de prácticas de salud y seguridad ocupacional en la elaboración de bebederos</i>	144

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Karla Dayanna Ruilova Peralta en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Identificación de estrategias para mejorar el desempeño ambiental en el aprovechamiento de residuos de caucho de los Artesanos de Narancay", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 13 de diciembre de 2022



Karla Dayanna Ruilova Peralta

C.I: 0107615049

Cláusula de Propiedad Intelectual

Karla Dayanna Ruilova Peralta, autora del trabajo de titulación "Identificación de estrategias para mejorar el desempeño ambiental en el aprovechamiento de residuos de caucho de los Artesanos de Narancay", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 13 de diciembre de 2022



Karla Dayanna Ruilova Peralta

C.I: 0107615049

Dedicatoria

A mis queridos padres, Marcelo y Vilma, gracias por ser mi bastón mil y un veces.

Una vida entera no será suficiente para devolverles todo lo que me han dado.

Sin amor nada me sirve;

sin amor nada soy;

si me preguntan qué es amor;

para mí, ustedes lo son.

Agradecimientos

A mis hermanos, Freddy, Sandro y Andrés; y a quién es como mi hermana, Claudia. Gracias por estar siempre presentes, por el apoyo, por la paciencia y por las palabras de aliento siempre acertadas.

A mi segunda mamá, Leo, cuya compañía y motivación nunca me han faltado desde que tengo memoria. Gracias por ser la mejor tía.

A todos mis amigos y amigas, de manera especial a Cami, Dunia, Tefa, Santiago, David y Andrés, por todos los momentos compartidos y que componen la vida universitaria, semejante a una montaña rusa en la cual, con su compañía volvería a subir mil veces más.

A Kristi, Gaby, Ricardo y Jhonny, gracias por la guía y los consejos durante la elaboración de este trabajo, y por supuesto, por el abrazo y los ánimos en los momentos precisos.

Por último, quiero agradecer a todas aquellas personas que de alguna manera aportaron en mi crecimiento personal, su tiempo compartido conmigo lo valoraré siempre.

1. Introducción

A nivel mundial, se estima que entre 1300 y 1500 millones de toneladas (Mt) de residuos generados anualmente corresponden a neumáticos fuera de uso (NFU) y se prevé que esta cifra alcanzará las 2500 Mt en el 2025 (Symeonides et al., 2019). En países de América Latina como México, el número de NFU generados anualmente llega a los 40 millones (Campoamor, 2016), y en Colombia a los 30 millones (Vega, 2020). En el caso de Ecuador, se descarta un promedio de 2,4 millones de neumáticos anualmente (Guevara et al., 2020). Mientras que localmente, según información proporcionada por la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC) se estima que en el 2020 se generaron 106 044 NFU entre vehículos livianos y pesados (Arévalo et al., 2022).

Estas elevadas tasas de residuos han causado preocupación debido a los impactos, tanto ambientales como en la salud, ocasionados por una inadecuada gestión y disposición de los mismos (Muñoz et al., 2021); ya que, considerando algunas características de los neumáticos como el volumen, su depósito en rellenos sanitarios o vertederos requiere de grandes espacios (Torretta et al., 2015). Así mismo, por su poder calorífico, la quema de los residuos de caucho representa un peligro potencial al ser de fácil combustión, además de emitir contaminantes atmosféricos como SO_x, NO_x, CO y PHAs o metales pesados como el arsénico, zinc, cadmio, cromo, entre otros, que son generados en el proceso de incineración (Symeonides et al., 2019). Por su resistencia a la degradación tienen una persistencia de hasta 500 años en el medio ambiente, además, su acumulación cuando son desechados en terrenos baldíos, cuerpos de agua o en la vía pública representa un riesgo para la salud humana debido a que los neumáticos se convierten en potenciales criaderos de mosquitos transmisores de enfermedades como el dengue o el paludismo (Córdova & Romo, 2012).

Sin embargo, otras características del caucho como su elasticidad, estabilidad térmica y baja degradabilidad han hecho que su uso industrial en diferentes aplicaciones haya aumentado significativamente desde su invención (Torretta et al., 2015). Se estima que entre

UCUENCA

el 65 y 70 % de la producción mundial de caucho está destinada a la elaboración de neumáticos y el porcentaje restante, a la fabricación de prendas de vestir, calzado, materiales de construcción y deportivos, etc. (Peláez Arroyave et al., 2017). La industria automotriz desempeña un papel importante en la producción y consumo de caucho, puesto que en los últimos años se ha evidenciado un incremento elevado a nivel mundial del parque automotor, que se estima llegará al 30 % para el 2030 con una producción anual de 123 millones de automotores (EL TIEMPO, 2018). En América Latina la tasa de crecimiento de este mercado en el 2018 fue de 7,1 % (Segovia & Paco, 2020); mientras que en Ecuador, según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador se registró un crecimiento de 7,6 % (AEADE, 2019). Este incremento del sector automotriz resulta preocupante ya que al mismo ritmo crecen las cifras de neumáticos descartados que requieren ser gestionados.

En respuesta a los retos presentados para la disposición de NFU se ha venido desarrollando distintas alternativas para la gestión de los mismos, es así que a nivel de América Latina, mediante políticas públicas México y Colombia han alcanzado tasas de reciclaje de NFU del 12 y 20 %, respectivamente (Campoamor, 2016; Vega, 2020). En Ecuador, a través del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), el gobierno estipula en el Acuerdo Ministerial No. 142 vigente desde el 2012, que los neumáticos usados son considerados residuos especiales y, por lo tanto, requieren un manejo específico (MAATE, 2018). Esto se complementa con el Acuerdo Ministerial No. 098 emitido en el año 2015 que hace referencia a la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), el cual decreta que los productores e importadores de neumáticos deben encargarse de la gestión y manejo de estos durante todo su ciclo de vida, incluyendo su disposición final y todos los posibles efectos que puedan causar hasta llegar a esa etapa, adicionalmente establece como meta obligatoria la recuperación del 35 % de los neumáticos importados (Espinoza et al., 2020). La misma que se considera baja en contraste con la del 95 % dispuesta en la Unión Europea y del 89 % en Japón y Estados Unidos (Peláez Arroyave et al., 2017).

Es así que, en el país se ha desarrollado el reciclaje industrial y artesanal, a partir del

UCUENCA

cual se generan insumos que pueden ser reinsertados en otras cadenas productivas. Se calcula que el porcentaje de NFU recuperados en el país para ser reutilizados o reciclados es del 30 %, mientras que el porcentaje restante son dispuestos sin ninguna medida ambientalmente correcta (MAATE, 2016). Entre los actores que ejecutan estas actividades de recuperación están empresas privadas, gestores ambientales, comerciantes y artesanos. Hasta el año 2019, a nivel nacional se contabilizaba un total de 30 empresas de manejo, tratamiento y gestión de NFU registradas en la Subsecretaría de Calidad Ambiental (El Comercio, 2019).

Sin embargo, tanto el reciclaje industrial como el artesanal, no han podido desarrollarse ampliamente debido a la escasa información, la falta de cultura del reciclaje, la deficiente intervención gubernamental, la demanda limitada, y otras causas (León & Saca, 2018). La ciudad de Cuenca no es ajena a esta realidad, aunque en el sector de Narancay se concentra una destacada actividad de reciclaje informal de NFU. En este lugar, un grupo de recicladores informales, conocidos como *artesanos del caucho*, aprovechan los NFU para la elaboración de artesanías como adornos, maceteros, muebles, o también para la fabricación de repuestos para vehículos (Franco, 2015).

A raíz de esta situación, surge la necesidad de la ejecución de un estudio exploratorio con una investigación de línea base de las prácticas de aprovechamiento de NFU realizadas por los Artesanos del caucho de Narancay mediante la aplicación de un instrumento de investigación que facilite la determinación de actores, procesos y flujos, mismos que se analizan a través de un Análisis de Flujo de Materiales (MFA por sus siglas en inglés), para posteriormente, desde un enfoque ambiental, identificar estrategias que contribuyan a una gestión adecuada de los residuos de caucho en busca de un aprovechamiento más eficiente, acorde a las características del entorno local de los artesanos. Para esto, en el presente trabajo se han planteado los siguientes objetivos:

Objetivo general

Identificar estrategias para la mejora del desempeño ambiental en los procesos de aprovechamiento de residuos de caucho efectuados por los Artesanos de Narancay.

Objetivos específicos

- Identificar los procesos y los actores involucrados en el aprovechamiento de residuos de caucho.
- Analizar información primaria referente a flujos de residuos aprovechados en los procesos identificados.
- Identificar y validar estrategias para mejorar el desempeño ambiental de los procesos de aprovechamiento de residuos de caucho adaptadas al contexto local.

2. Marco Teórico

2.1 Caucho Natural y Sintético

La extracción y comercialización de caucho tuvo sus inicios en las selvas amazónicas de Brasil desde donde, debido a la alta demanda desencadenada, se exportaron semillas del árbol *Hevea brasiliensis*, especie que fue germinada e introducida en la región oriental con especial interés dado el descubrimiento de su potencial uso para la industria automotriz (Largo, 2018). Años más tarde, se desarrolló el caucho sintético con el fin de hacer frente precisamente a la elevada demanda de este material, es así que con el tiempo se obtuvieron distintas fórmulas y combinaciones, logrando perfeccionar varios tipos de caucho sintético empleados en la fabricación de varios artículos y objetos utilizados a lo largo de la vida humana, llegando a volverse imprescindible (De Guzman, 2008).

Hoy en día, la demanda a nivel mundial del caucho natural sigue superando al caucho sintético, sobrepasando los siete millones de toneladas anuales. En Ecuador, este material es cultivado en su mayoría en las provincias de Pichincha, Santo Domingo, Los Ríos y

UCUENCA

Esmeraldas. La producción anual de caucho es aproximadamente de 5000 a 6000 t; sin embargo, se estima que la demanda es de 15 000 t/año. En consecuencia, es necesario importar la cantidad restante para cubrir el consumo interno (Guerra Miño & Sacoto Acaro, 2020).

El 70 % del caucho utilizado en el país proviene de otros países como Perú, Malasia, Singapur y Guatemala, mientras que, el 30 % es producido nacionalmente. En este contexto, Continental al ser la principal empresa fabricante de neumáticos del Ecuador, hace más de 50 años inicia el cultivo de caucho a través de la estación experimental de Agricultura Comercial S.A. (Agicom), mediante la cual, se obtienen 210 toneladas mensuales en Santo Domingo. En total, de 5 575,62 ha, 17 % están en la fase de desarrollo, y el 83 % en fase de producción de caucho promedio de 1,16 t/ha. Esta producción está destinada primordialmente a la fabricación de neumáticos (Quinapallo García et al., 2022)

2.2 Neumáticos

Los neumáticos representan un elemento importante en los automóviles, ya que son el único punto que hace contacto entre estos y la calzada, así también, porque son los encargados de brindar estabilidad y seguridad a los vehículos (N. Sánchez, 2017), cumpliendo con las funciones de fricción, adherencia, dirección, amortiguación y soporte del peso. Cabe recalcar que, para que los neumáticos tengan un desempeño óptimo, deben mantener una estructura adecuada, sin alteraciones como cortes o grietas, y una presión adecuada (Blanco Hinostroza, 2016).

Los neumáticos se obtienen mediante la vulcanización, un proceso en el cual se adicionan agentes vulcanizantes y acelerantes al caucho para darle flexibilidad y resistencia. Generalmente, los elementos más utilizados para la producción de neumáticos suelen ser azufre, peróxidos y óxidos metálicos (Fuentes, 2014). Estos elementos se adicionan y mezclan de forma que, finalmente, un neumático promedio está compuesto por 19 % de caucho natural, 26 % de caucho sintético, 23 % de negro de humo, 9 % de tejidos, 3 % de

aceites y 14 % de otras sustancias químicas como óxido de zinc, azufre y aditivos (Franco, 2015). Dicha composición depende del tipo de neumático según su uso, la banda de rodadura o sus características. En el caso de los neumáticos para transporte pesado, es necesario emplear una mayor cantidad de caucho natural que sintético en su fabricación, mientras que, en el caso de los neumáticos para transporte liviano sucede lo contrario (Afrin et al., 2021). En la Tabla 1, se muestra la composición promedio de los neumáticos nuevos para vehículos livianos y pesados.

Tabla 1

Composición promedio de los neumáticos nuevos

Compuesto	Neumáticos para vehículos livianos (%)	Neumáticos para vehículos pesados (%)
Caucho sintético	26	14
Caucho natural	14	27
Negro de humo	28	28
Azufre	0,46	0,24
ZnO (agente vulcanizante)	0,8	0,43
Aceites y productos químicos	10	13
Acero	15	15
Textil	6	3

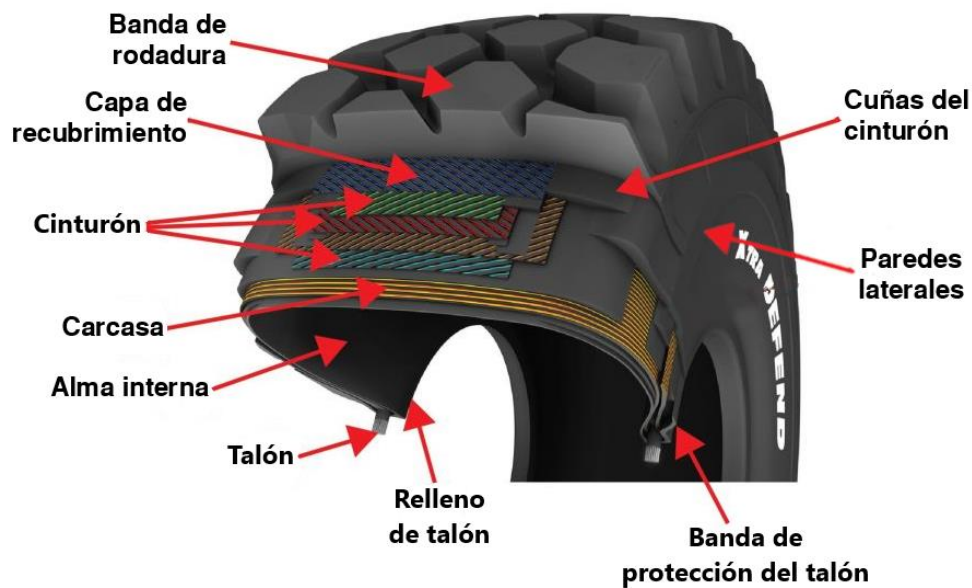
Nota: Adaptada de Comparative LCA of treatment options for US scrap tires: material recycling and tire-derived fuel combustion, por Feraldi et al., 2013

2.2.1 Partes de un Neumático

Las partes que componen un neumático se representan en la Figura 1, y se explican en la Tabla 2.

Figura 1

Partes de un neumático



Nota. Adaptada de “¿Cuáles son los diferentes elementos que conforman un neumático?”, por J. L. Gómez, 2020. (<https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/neumatico-elementos/>). Obra de Dominio Público.

Tabla 2

Partes del neumático y su función

Partes del neumático	Función
Banda de Rodadura	Es la banda exterior del neumático, tiene contacto directo con el suelo y tiene la finalidad de proporcionar adherencia, tracción y resistencia a la rodadura, garantizando así una mejor maniobrabilidad del vehículo (Martínez, 2016). De su diseño y composición depende el rendimiento del neumático (Blanco Hinojosa, 2016).
Cinturón Estabilizador	Son capas hechas de acero que se ubican por debajo de la banda de rodadura para brindarle estabilidad y mejorar el agarre (Martínez, 2016).
Cuñas del Cinturón	Hace referencia a láminas ubicadas entre los bordes del cinturón, su función es reducir la fatiga y evitar que las capas del cinturón se fragmenten (Gómez, 2020).
Paredes Laterales	Es la capa encargada de brindar protección a los extremos del neumático, además de brindar soporte y control al manejar. Tienen una resistencia alta a las inclemencias del clima y muestran gran flexibilidad (Martínez, 2016).

Partes del neumático	Función
Talón	Es una capa interior del neumático, compuesta por alambres de acero trenzado de alta resistencia que dan robustez al mismo, ayudando a mantener el diámetro adecuado del neumático en el rin. También se le conoce como anillo de acero (Martinez, 2016).
Relleno del Talón	Brinda rigidez al talón y sirve como soporte para el rin, se usa para rellenar el área entre el talón y la parte inferior de las paredes (Martinez, 2016). Se utiliza para brindar estabilidad al neumático y amortiguar el roce entre estas dos partes (Gómez, 2020).
Banda de Protección del Talón	Es una capa útil para el soporte del talón cuya finalidad es proteger el neumático en caso de roces y cualquier desgaste (Gómez, 2020).
Carcasa	Es una lámina que dependiendo el tipo de neumático es de acero o nylon dispuestos paralela y transversalmente al eje longitudinal del neumático. Tienen como propósito dar flexibilidad al momento de cambiar la dirección, frenar o acelerar (Gómez, 2020).
Capa de Recubrimiento	Esta lona contribuye a asegurar las fibras del cinturón que suelen desprenderse cuando el neumático gira (Gómez, 2020).
Alma Interna	Es una capa de 3 mm de espesor, emplazada entre los talones de lado a lado, su finalidad es dar estabilidad al neumático (Gómez, 2020); con el aro forma una cámara que retiene el aire dentro del neumático (Martinez, 2016).

2.2.2 Tipos de Neumáticos

Cotidianamente se puede identificar una gran variedad de neumáticos, de distintos tamaños y usos. Desde un enfoque técnico, generalmente se clasifican con base en dos criterios: por su composición y por su construcción. La clasificación de neumáticos a emplear en el desarrollo de este trabajo es por su construcción, estos son catalogados en convencionales y radiales.

➤ Neumáticos Convencionales

Son los neumáticos cuyas capas deben ubicarse diagonalmente en relación a la línea central, de esta manera se colocan dos o más capas alternadas en la dirección para que terminen cruzándose entre sí (Moscoso, 2010). Con esta estructura el neumático adquiere

mayor dureza; sin embargo, esto le juega en contra al momento del agarre causando una menor estabilidad en las curvas (CONAE, 2003).

➤ **Neumáticos Radiales**

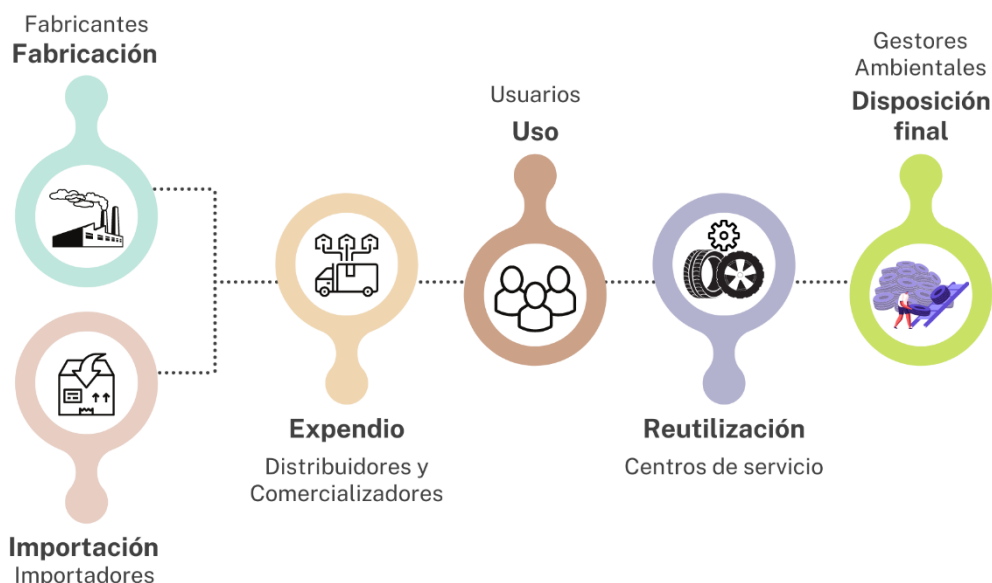
Las capas de estos neumáticos están colocadas paralelamente a la línea central, estas son de poliéster en los neumáticos de pasajeros, y de acero para vehículos más pesados (Moscoso, 2010). Al tener una estructura más suave que los convencionales brindan mayor estabilidad, maniobrabilidad y agarre, a la vez que disminuye el consumo de combustible (CONAE, 2003).

2.2.3 Ciclo de Vida de los Neumáticos

El ciclo de vida de un producto consiste en la descripción cronológica de las etapas por las que el producto atraviesa desde su producción hasta la culminación de la vida útil del mismo (Godás, 2006). En el caso de los neumáticos, las etapas identificadas son principalmente la producción, distribución, uso, reutilización y disposición final (Shanbag & Manjare, 2020). Como se observa en la Figura 2, cada etapa cuenta con un actor específico que se encarga de realizar diferentes actividades, dentro de los cuales se puede identificar a los fabricantes, importadores, distribuidores, comercializadoras, usuarios, centros de servicio y gestores ambientales (Sánchez, 2017).

Figura 2

Etapas y actores del ciclo de vida de los neumáticos



2.3 Neumáticos Fuera de Uso

Son aquellos neumáticos que han culminado su vida útil y pasan a ser desechados (Tejela, 2013). Al ser considerados como residuos especiales la legislación ecuatoriana en el Acuerdo Ministerial No. 098, establece que los NFU deben tener un manejo particular efectuado por gestores ambientales especializados en este tipo de residuos, que se encarguen de darles un tratamiento ambientalmente correcto. De igual manera, todo fabricante o importador de neumáticos debe presentar un programa de gestión de productos en desuso o desechos ante la Autoridad Nacional Ambiental para su análisis, aprobación y ejecución; y posteriormente, realizar una declaración anual con información de las actividades de manejo de los desechos que se ejecuten (MAATE, 2015). La composición y características de los NFU varían según el uso, el desgaste, el tipo de neumático, su fabricación, entre otros factores. Feraldi et al., (2013), presentan un esquema de la composición media de los principales tipos de NFU, el cual se indica en la Tabla 3.

Tabla 3

Composición promedio de los neumáticos usados

Compuesto	NFU para vehículos livianos (%)	NFU para vehículos pesados (%)
Caucho sintético	26	13
Caucho natural	14	26
Negro de humo	27	27
Azufre	0,46	0,24
ZnO (agente vulcanizante)	0,8	0,41
Aceites y productos químicos	9	13
Acero	16	17
Textil	6	3

Nota: Adaptada de Comparative LCA of treatment options for US scrap tires: material recycling and tire-derived fuel combustion, por Feraldi et al., 2013.

2.4 Economía Circular y su Relación con los Neumáticos Fuera de Uso

La economía circular hace referencia a un modelo basado principalmente en la sostenibilidad, para obtener un mejor aprovechamiento a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto o servicio. Este modelo busca alcanzar su objetivo a través del empleo de técnicas en campos relacionados a la economía, la sociedad y la protección del ambiente a partir de acciones de circularidad en los procesos (Sandoval et al., 2017).

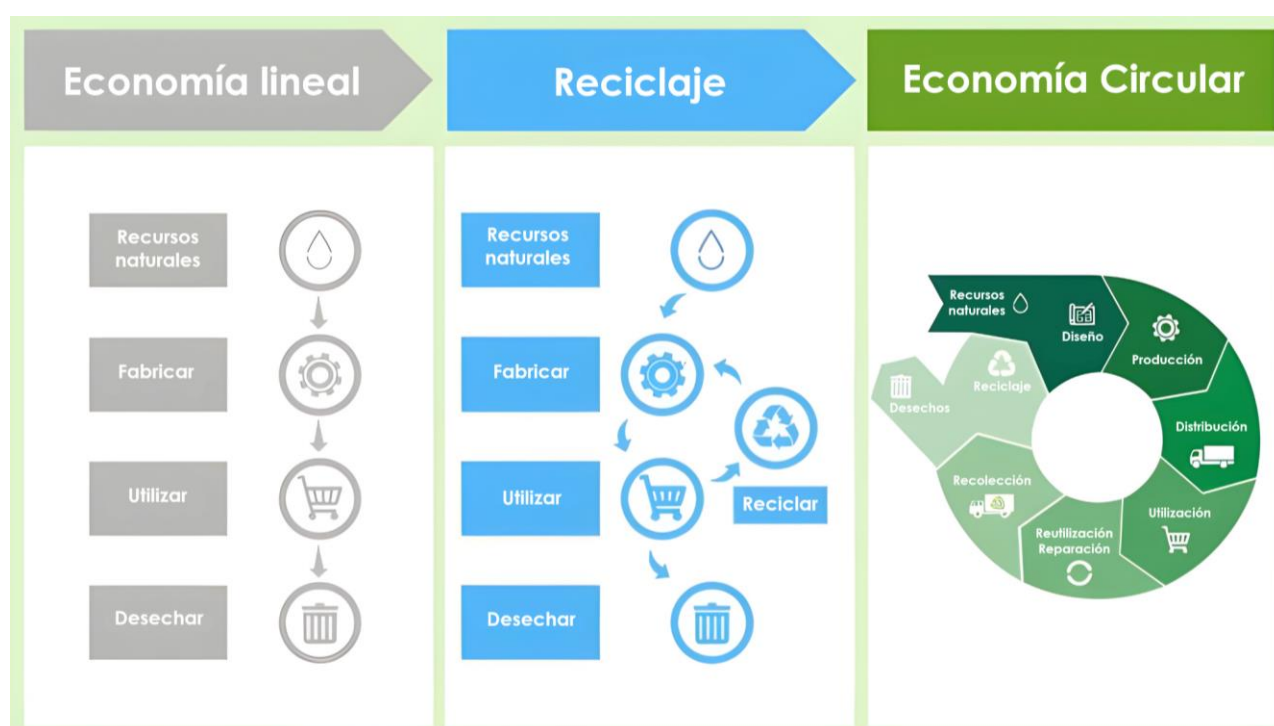
Las prácticas circulares tienen el propósito de reemplazar la clásica Economía Lineal, la cual se basa en un esquema de “extraer-fabricar-utilizar-desechar”. Este modelo de economía se considera insostenible pues supone que los recursos empleados para la producción son inagotables o que su velocidad de renovación es mayor a la de extracción, además de la problemática con respecto a la generación y acumulación de los residuos (Davara, 2020).

UCUENCA

Como una solución a esta situación en los años 70 se presentó un nuevo modelo, el reciclaje. Aunque ha aportado positivamente, aún hay una considerable suma de residuos generados anualmente que no son reciclados, ya sea porque no son reciclables o su cantidad es tal que no se puede manejar. Es así que surge el modelo de Economía Circular, el cual integra la restricción del consumo, la reutilización de los productos y la reducción de residuos (Davara, 2020). En la Figura 3 se muestra una síntesis de estos tres modelos.

Figura 3

Modelos de Economía: De la economía lineal a la economía circular



Nota. Reproducida de “Economía Circular y digitalización; paradigmas vinculados”, por Davara, 2020 (<http://fernandodavara.com/economia-circular-y-digitalizacion-paradigmas-vinculados/>). Obra de dominio público.

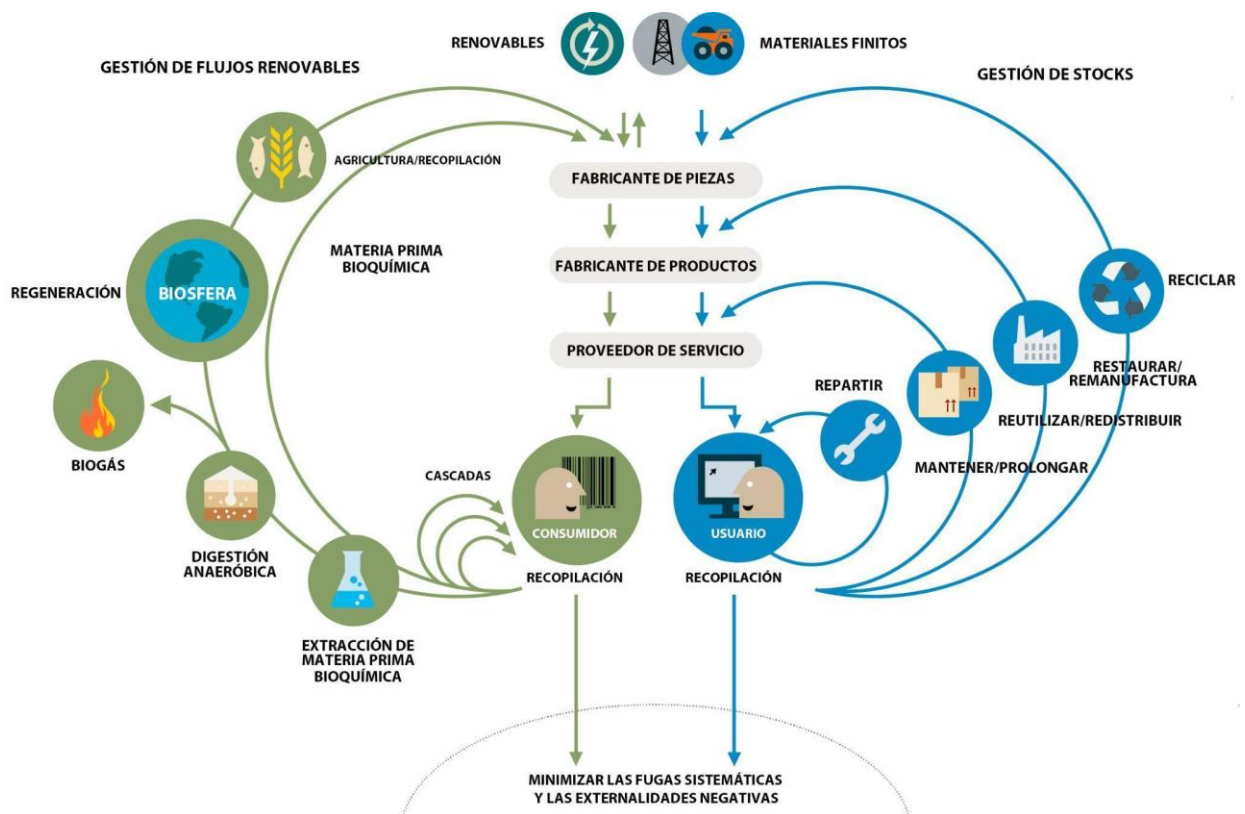
Inicialmente los principios en los que se basaba la economía circular eran las “3R”: Reducir, Reusar y Reciclar; sin embargo, este enfoque ha sido ampliado incluyendo los términos Rediseñar, Repensar, Renovar, Rechazar, Reparar, Recuperar y Remanufactura, convirtiéndose en las “10R” (Vicente, 2017). Ellen MacArthur Foundation, (2019), presentan

UCUENCA

una sintetización de los flujos de materiales de una economía circular en un diagrama de este sistema, el cual indica dos ciclos primordiales: técnico y biológico. El ciclo técnico, hace referencia a la circulación de productos y materiales en procesos de reutilización, reparación, remanufactura y reciclaje. Por otro lado, el ciclo biológico devuelve al ambiente los nutrientes de los elementos biodegradables para su regeneración natural. Este diagrama se representa en la Figura 4.

Figura 4

Diagrama del sistema de economía circular



Nota. Reproducida de “The butterfly diagram: visualising the circular economy”, por Ellen MacArthur Foundation, 2019 (<https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>). Obra de dominio público.

De acuerdo a Araujo et al., (2020), la relación entre la economía circular y los neumáticos está presente en estrategias como, por ejemplo, el rediseño de neumáticos que en lugar de aire contienen una estructura tridimensional que contribuye al ahorro de

UCUENCA

combustible y el alargamiento de vida útil del neumático. Otro ejemplo, son los neumáticos autosellantes, los cuales, en caso de ser perforados, su tecnología sellante impide la pérdida de presión de aire. En cuanto a la renovación, se han desarrollado técnicas para utilizar materia prima alternativa al uso de combustibles fósiles para la elaboración de neumáticos. Tal es el caso del diente de león ruso y el guayule, han demostrado ser materiales bastante útiles brindando los mismos resultados que la materia prima convencional.

A través de la sustitución de materiales en la fabricación de los neumáticos se busca reducir su peso y con esto, el del vehículo. Esto contribuye al ahorro de combustible y a la disminución de emisiones de CO₂ pues se reduce la resistencia a la rodadura. La reutilización se da con el fin de alargar la vida útil de un objeto, en el caso de los neumáticos se realiza el reencauche, un proceso que consiste en reemplazar la banda de rodadura manteniendo la estructura y el rendimiento del mismo (Araujo et al., 2020).

Una alternativa complementaria de manejo de los NFU es la recuperación de materiales y energía, esto se realiza a través de procesos de conversión termoquímica como la pirólisis, la gasificación y la incineración. Con esto, es posible reducir el volumen de los neumáticos en más del 90 % evitando la acumulación de residuos; sin embargo, las desventajas son la eliminación de cenizas y la emisión de gases tóxicos (Araujo et al., 2020).

El reciclaje por otro lado, es una actividad que consiste en reinsertar a un ciclo de producción los residuos de objetos que han sido desechados tras cumplir con su función principal, pero que aún poseen características a las cuales, con un proceso de transformación, se les puede dar otro valor (Sanmartín et al., 2017). En cuanto a los neumáticos, se pueden aplicar distintos tipos de estrategias de reciclaje según la clase de NFU, el uso y características deseadas para el producto final (Araujo et al., 2020).

2.5 Alternativas Para el Tratamiento de Neumáticos Fuera de Uso

2.5.1 Recuperación de energía

Las tecnologías de recuperación de energía como la pirólisis, la termólisis y el coprocesamiento son alternativas complementarias para el tratamiento de NFU, las cuales los transforman en productos químicos, combustibles y de energía. Estas técnicas son especialmente útiles para el manejo de los NFU, y no dependen de la calidad o tipo de neumático. La reducción del volumen de estos residuos en más del 90% y la recuperación de energía con posible recuperación de material son las principales ventajas de estos métodos. Sin embargo, la generación de gases tóxicos, la eliminación de cenizas, etc., son algunos de los problemas asociados con estos tratamientos térmicos (Araujo-Morera et al., 2021).

➤ Termólisis

Este procedimiento separa los componentes de los neumáticos como metales, hidrocarburos sólidos y gaseosos, los cuales pueden ser incorporados nuevamente a otras cadenas de elaboración de neumáticos u otros productos. Esto se realiza al someter a los NFU a temperaturas altas y ausencia de oxígeno, lo cual evita la combustión de los mismos y el debilitamiento de los enlaces químicos (Vega, 2020).

➤ Pirólisis

Esta es una técnica de recuperación de materiales y energía, que consiste en ingresar los NFU triturados a un reactor pirolítico y someterlos a temperaturas de 400 a 700 °C y presiones de 0,01 a 0,04 MPa, con el fin de descomponerlos en sus componentes primarios. En consecuencia, los NFU se fraccionan en una parte gaseosa compuesta principalmente por hidrógeno, metano y óxidos carbónicos. Otra parte líquida, agua y aceites; y finalmente, una parte sólida que son metales y polvo (Gomes et al., 2019). Las dos primeras partes pueden ser empleadas como combustible, sin embargo, no es usual aplicar este método puesto que tiene un costo económico alto y requiere una tecnología avanzada (Tsang, 2013).

➤ Coprocesamiento

Otra alternativa para el tratamiento de NFU, es el coprocesamiento en hornos de cemento o también denominado co-incineración, en los cuales los neumáticos pueden ser introducidos enteros o triturados, alcanzando una mayor combustión de la segunda forma. Este proceso aprovecha el poder calorífico de este material que es mayor a 8000 Kcal/kg, funcionando como combustible auxiliar al tradicional en los hornos (Kopytyn'sk, 2017).

Para esta técnica se emplean temperaturas elevadas entre 1500 y 1600 °C, lo que en conjunto con una combustión en presencia de oxígeno permite una incineración completa del NFU y casi completa de la parte material volátil. Las ventajas del coprocesamiento es que los escasos residuos que se generan pueden ser utilizados dentro de la cadena de elaboración del cemento, es así que, la ceniza puede ser incorporada al clinker y el sílice sustituir la arena (Gomes et al., 2019).

Los niveles de emisiones se pueden mantener bajo los límites legales permisibles siempre que los neumáticos se incineren en un ambiente controlado y con condiciones seguras. La adopción de métodos eficientes de control de las emisiones contaminantes permite que el uso de NFU en lugar de combustibles fósiles sea una alternativa viable para la disposición adecuada de estos residuos, a condición de que cumpla con los estándares de emisiones atmosféricas y se controle los mismos. De esta manera, también se da paso a la reducción de emisiones de óxido de nitrógeno, óxido de azufre y dióxido de carbono (Silva et al., 2017; WBCSD, 2018).

2.5.2 Reciclaje Industrial de Neumáticos Fuera de Uso

Consiste en la obtención de partes de los neumáticos en donde se aplican procesos mecánicos con el uso de maquinaria especializada. Los productos más comunes que se obtienen de esta manera son polvo de caucho, adcretos y neumáticos sólidos (usados en carretillas); sin embargo, esta producción es poco viable por la baja demanda y la

competencia con materiales importados (Franco, 2015).

En Ecuador, hasta el año 2019 se registraron 30 organizaciones activas encargadas del manejo, reciclaje y disposición de los NFU a nivel de reciclaje industrial, las cuales han propuesto o han aplicado programas que contribuyen a una gestión eficiente de estos residuos. Por ejemplo, el Sistema Ecuatoriano de Gestión Integral de Neumáticos Usados (SEGINUS) es un sistema propuesto por un grupo de empresarios quienes gestionan los neumáticos, su estrategia es la implementación de puntos de recolección en comercios asociados en donde se cobra \$1 adicional por cada neumático recaudado, a este rubro se le denomina *ecovalor* (LÍDERES, 2015). Los fondos recaudados con esta modalidad son utilizados en el aprovechamiento de NFU para la fabricación de subproductos con un valor positivo, el 75 % del mercado de neumáticos está asociado a este colectivo (SEGINUS, 2021).

Así mismo, Proyección Futura y Rubber Action son gestores ambientales certificados quienes se especializan en localizar, transportar y reciclar los NFU. GRIN (Gestión y Reciclaje Integral de Neumáticos) es la fusión de estos dos gestores aliados con el objetivo de iniciar un proceso en conjunto, de manera que se alcance una meta más extendida de material reciclado cumpliendo con las regulaciones establecidas (GRIN, 2018).

Desde el gobierno se ha propuesto el Plan de Gestión Integral de Neumáticos Usados. Esta iniciativa se ha basado en el principio de la Responsabilidad Extendida y tiene el objetivo de gestionar el reciclaje de neumáticos importados anualmente con una meta inicial del 20 %, que posteriormente se ha ido ajustando de acuerdo a los resultados alcanzados. Así, para el 2020 se esperaba alcanzar el 45 % de neumáticos reciclados, satisfactoriamente esta cifra llegó al 55 % (Ramos, 2021).

En cuanto a los usos industriales que se les da a las partes de los NFU, generalmente son utilizados como combustible en la industria cementera al aprovechar la fibra textil de los neumáticos. El componente mayoritario, el caucho, generalmente se destina a procesos de trituración (Pérez & Saiz, 2018).

➤ Trituración

Por medio de procesos mecánicos se convierten los NFU enteros en gránulos de diferentes tamaños dependiendo de la necesidad de los clientes (Peláez Arroyave et al., 2017). Muñoz et al., (2021) explica que los procesos mecánicos para obtener estos agregados de los NFU son dos: molienda mecánica a temperatura ambiente y molienda criogénica a una temperatura por debajo de la transición vítrea. La diferencia entre estos dos procesos es que en el primero se forman gránulos con un pulido mecánico sin controlar la temperatura, mientras que en el segundo se utiliza un químico para congelar el caucho y lo tensiona según la medida que se desee obtener, este proceso da como resultado gránulos de menor tamaño y más suavidad. El caucho granulado suele destinarse a relleno de césped artificial, superficies deportivas, pavimentos, etc. (Pérez & Saiz, 2018).

Otros usos potencialmente beneficiosos del triturado son como materia prima para la fabricación de acero verde y como sustituto de arena y áridos de hormigón en el área de la construcción. Esto además aporta positivamente a la conservación de la arena como recurso limitado, actúa como aislante térmico, acústico y aumenta la resistencia al agrietamiento y al impacto del hormigón (Ferdous et al., 2021).

2.5.3 Reciclaje Informal de Neumáticos Fuera de Uso

Se considera que se trata de un reciclaje artesanal o informal cuando los productos ofrecidos son elaborados por personas que trabajan mediante procesos de recuperación sencillos, los cuales resultan positivos ya que pueden llegar a generar fuentes de trabajo que no requieren de mucha especialización (Nzeadibe, 2009). Los recicladores informales están caracterizados por realizar su trabajo a pequeña escala pero con una demandante mano de obra, sin acceso a herramientas tecnológicas, no pagan impuestos, ni utilizan permisos para su funcionamiento y por lo general, no están registrados en planes gubernamentales de salud y seguridad social (Wilson et al., 2006). Unos ejemplos de actividades de reciclaje informal son la elaboración de artesanías como macetas, aretes, collares, etc.

➤ Reencauche

Es una de las técnicas de reciclaje de NFU más comunes. Consiste en la colocación de una banda de rodamiento que reemplaza a la antigua, además del reforzamiento de la carcasa del neumático. El reencauche se realiza con maquinaria especializada en varias etapas, durante las cuales el producto debe cumplir con parámetros específicos que al final garanticen su calidad y un buen desempeño, las empresas reencauchadoras son responsables de que el producto final sea apto para ser comercializado (Posso & Buenaño, 2014).

Los beneficios de este tipo de tratamiento es que permite alargar la vida útil de los neumáticos, a la vez que previene la eliminación de estos productos en la disposición final. También evita el desperdicio de todo el neumático, si la parte desgastada es únicamente la banda de rodadura y puede reemplazarse. Además del ahorro de todos los recursos necesarios para fabricar un neumático nuevo como materia prima, combustible, compuestos químicos, entre otros (Delarze, 2008). Se estima que este tratamiento aporta con un ahorro de recursos del 70 %, y una disminución de emisiones de CO₂ del 24 %, de consumo de agua del 19 % y de material particulado del 21 % (Costa et al., 2022).

Por otro lado, el inconveniente con este método es que no todos los neumáticos son aptos para ser reencauchados, pues durante su vida útil primaria se ven afectados por un mal uso y manejo de los mismos. Problemas mecánicos como un mal balanceo, alineación, suspensión o el rodaje extendido causan que los neumáticos pierdan su labrado y no puedan ser reutilizados (MPCEIP, 2020).

2.5.4 Reutilización

La reutilización es una manera de potenciar el aprovechamiento de los NFU, ya sea enteros o en fragmentos, sacando provecho de sus propiedades en otros usos distintos para los que fueron diseñados en un inicio, ajustándose al valor que se les quiera dar. Esta

estrategia busca dar una solución a los problemas ambientales que conlleva la disposición de estos materiales. Entre las aplicaciones que se pueden utilizar son en canales, para la construcción de arrecifes artificiales, estructuras de obras civiles, etc. (Afrin et al., 2021).

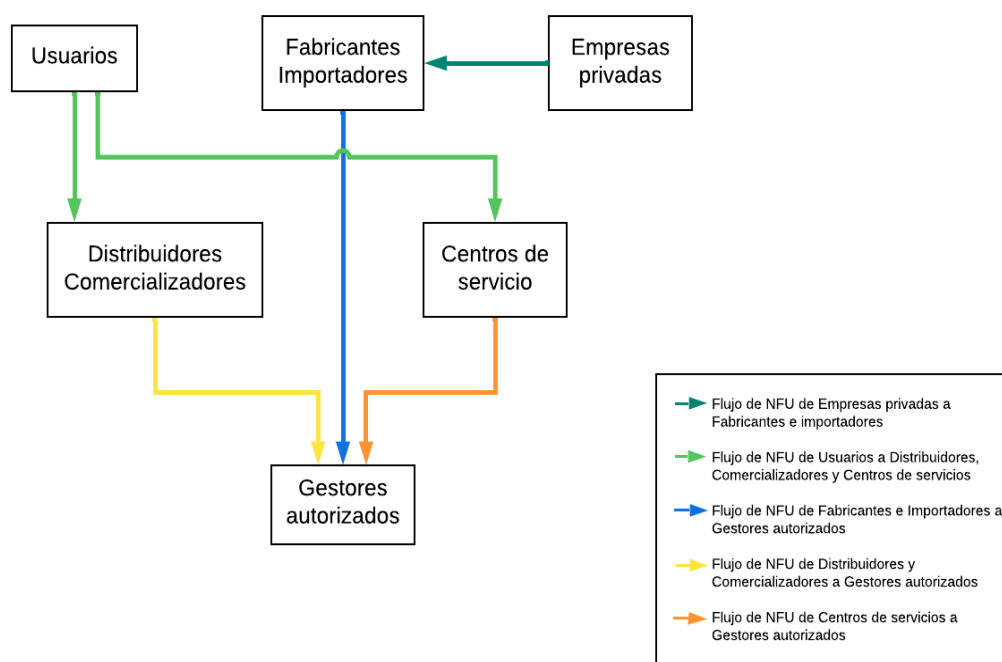
2.6 Gestión de Neumáticos Fuera de Uso en Ecuador

En Ecuador, de las cerca de 60 000 t de NFU generadas al año, 17 500 t son tratadas en el proceso de reencauche, principalmente para el uso en camiones; sin embargo, un gran porcentaje se incineran o se disponen en vertederos a cielo abierto, por lo que representan un riesgo para el entorno ambiental (Tipán Tapia, 2019). La autoridad ambiental ecuatoriana ha hecho frente a esta situación, a través de política pública, es así que, según el Acuerdo Ministerial No. 098, los actores del ciclo de vida de los neumáticos son responsables de su gestión cuando estos llegan al final de su vida útil basándose esencialmente en el principio de “Responsabilidad Extendida del Productor y/o Importador” (MAATE, 2015).

El Acuerdo No. 098 estipula que los fabricantes, importadores, distribuidores, comercializadores y centros de servicio, deben entregar los NFU a gestores autorizados; mientras que, los usuarios deben entregarlos a las distribuidoras, comercializadoras y centros de servicio. Aquellos NFU que no sean aptos para el reencauche por no cumplir con las normas técnicas deben ser enviados a los importadores o fabricantes para que ellos a su vez, los envíen a gestores competentes para el reciclaje de los mismos. Estas relaciones se esquematizan en la Figura 5 (MAATE, 2015).

Figura 5

Esquema de gestión de NFU según el Acuerdo Ministerial No. 098



2.7 Principio de Responsabilidad Extendida del Productor

Este principio indica que los fabricantes e importadores de productos tienen la obligación de encargarse de su manejo desde la fabricación hasta su disposición final, con el objetivo de prevenir la contaminación ambiental por los residuos de estos objetos. Para esto, dichos organismos deben presentar un plan o programa a la autoridad ambiental con los mecanismos de gestión aplicados (Salazar & Buenaño, 2017).

La responsabilidad extendida del productor (REP), busca que los productores tengan en cuenta los efectos del diseño de los productos en el final de su vida útil y, por lo tanto, se desarrollen estrategias para la mejora del sistema de producción. El rendimiento de aplicación de este principio en los últimos cinco años ha sido tal que, hoy en día, a nivel global existen alrededor de 395 sistemas basados en este principio, puestos en marcha a partir de la publicación del Manual de Orientación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en 2001. El 48 % de estos se han implementado en Norteamérica, el 42 % en la Unión Europea y el 8 % en América Latina y Asia, dando una gestión económica y

ambientalmente eficiente a los productos que han culminado su vida útil desde una perspectiva orientada al ciclo de vida (Park et al., 2018).

Sin embargo, la correcta implementación de los sistemas REP en América Latina aún enfrenta algunas barreras relacionadas con dificultades logísticas de recolección, mayor dependencia de incentivos financieros, existencia de un gran sector informal, ausencia de políticas, ausencia de actores estratégicos y falta de responsabilidad social. Los sistemas REP contribuyen a la gestión eficaz de los residuos y la economía circular cuando se adaptan al contexto local, es decir, cuando incluyen aspectos asociados a la cultura en términos de consumo, patrones de residuos y otros (Martínez, 2021).

2.8 Análisis de Flujo de Materiales

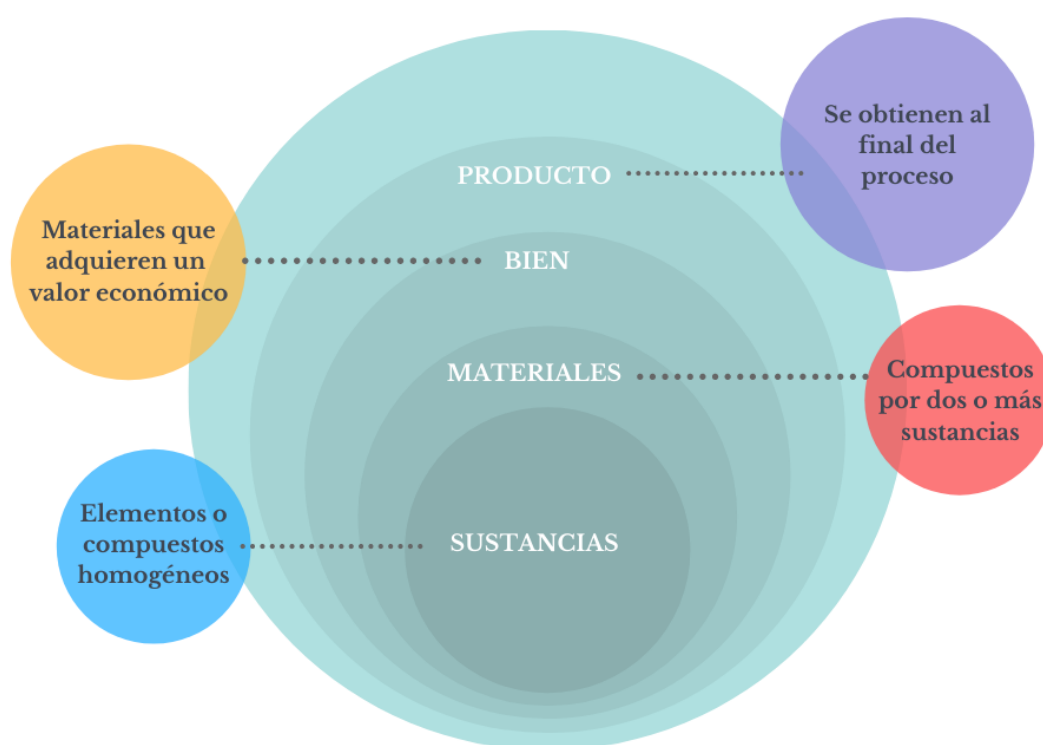
Este es un método comúnmente utilizado para describir y analizar sistemas basándose principalmente en la ley de la conservación de la masa, es bastante útil para entender los diferentes procesos e identificar los materiales que fluyen mediante estos (Muchangos et al., 2017). Consiste en la elaboración de un inventario sistemático en el cual se especifican las entradas y salidas de masa de materiales y energía en un sistema determinado en el espacio y tiempo (J. D. Gómez, 2015).

El MFA permite identificar aquellos materiales que estén actuando como un recurso o una carga al medio ambiente, con esto se puede optimizar los procesos de forma que se dé un manejo adecuado especialmente a los desechos para evitar un impacto medioambiental negativo (Neskovic et al., 2018). Por ello, representa una herramienta de evaluación ampliamente utilizada para la toma de decisiones en los procesos de gestión de residuos, al identificar los puntos críticos de los procesos y formular estrategias oportunas (Dos Muchangos et al., 2017; Neskovic et al., 2018), según la caracterización del sistema y un análisis crítico de las entradas y salidas del mismo, en concordancia con los objetivos planteados (Allesch & Brunner, 2017).

Para la aplicación de la metodología del MFA, Brunner & Rechberger, (2016) definen los productos como aquellos bienes que generalmente tienen un valor económico positivo aunque también puede ser negativo, compuestos por distintos materiales que a la vez son un conjunto de sustancias. Los productos se obtienen cuando los materiales sufren una transformación, transporte o almacenamiento, que alteran su calidad y cantidad, definidos como procesos. A la masa total de materiales en almacenamiento, se denomina stock.

Figura 6

Terminología empleada en la metodología de un MFA



Nota: Adaptado de *Handbook of Material Flow Analysis: For Environmental, Resource, and Waste Engineers* (Edición N°2, p. 51-60), por Brunner & Rechberger, 2016.

3. Estado del Arte

La gestión de los residuos es un desafío preocupante ante el cual agentes formales como gobiernos, instituciones o empresas han generado programas, proyectos o iniciativas

UCUENCA

que buscan dar soluciones a las complicaciones derivadas del manejo inapropiado de los productos al término de su vida útil. Previo al planteamiento e implementación de estos programas es necesario un diagnóstico de la problemática que se desea enfrentar, esto es posible a través de diversas metodologías, entre ellas el MFA.

A pesar de ser una herramienta bastante utilizada, especialmente para el análisis de la gestión de residuos, a nivel mundial, regional y nacional, la información sobre MFA relacionado a la cadena de valor de neumáticos (nuevos, usados o fuera de uso) y el reciclaje informal (como es el caso de este estudio) es escasa. Sin embargo, como ejemplos ilustrativos se presentan algunos trabajos de investigación encontrados acerca de estas temáticas, que pueden aplicarse en relación al sistema de gestión de NFU. Asumiendo que, finalmente, todos los materiales de estudio en cuestión son residuos.

Para comenzar, el caso de Neskovic et al., (2018) quienes realizan un MFA para analizar la gestión de residuos sólidos urbanos en la región de Banjaluka, perteneciente a la Unión Europea (UE). En este caso se plantean dos escenarios y dos subescenarios modelando el sistema de gestión de residuos del momento, aplicando la metodología propuesta por Brunner & Rechberger, (2016), realizando esquemas de los procesos que se dan en el relleno sanitario del lugar con el manejo actual de los residuos y también de los escenarios modelados con base en la gestión de acuerdo a la UE y a la legislación nacional. Estos escenarios fueron propuestos como alternativas estratégicas para optimizar aspectos como la gestión de los residuos y mejorar el desempeño en cuanto a la salud humana y protección ambiental. Finalmente, concluyen que dichas estrategias arrojan resultados positivos en los aspectos mencionados anteriormente y que el cálculo del MFA es de utilidad para la toma de decisiones en cuanto a la gestión de residuos, que podría ser aplicada en otros lugares.

De manera similar, Nzeadibe (2009) examina en su estudio la situación del reciclaje informal general en Nigeria, basándose en información primaria obtenida en campo a través

UCUENCA

de entrevistas a 24 recicladores de un total de 80 que laboraban en el periodo de tiempo de la investigación. Los datos solicitados consisten en la cantidad de material reciclado, los métodos de reutilización y reciclaje, y los ingresos económicos recibidos de la venta de los productos recuperados. Este trabajo busca resaltar la importancia del sector informal del reciclaje y su inclusión en un programa de reforma, haciendo hincapié en la integración de este sector en la planificación de gestión de residuos para aprovechar sus prácticas mientras se mejora su calidad de vida. El estudio concluye que las autoridades encargadas deben apoyar medidas que ayuden al desarrollo de este sector como la formación de asociaciones, capacitaciones o la implementación de mercados de productos reciclables y materiales creados a partir de estos.

Tras una revisión crítica del reciclaje informal general en los países en vías de desarrollo, Ezeah et al., (2013) concluyen que los recicladores de este sector constituyen un elemento importante que debe ser considerado para alcanzar una gestión sostenible de los recursos, pues tienen un impacto positivo en los aspectos económico, social y ambiental. Al igual que Nzeadibe, comparten el criterio de la necesidad de inclusión de los recicladores informales al sistema formal a través de la creación de políticas de apoyo que abarquen varias áreas como la legal, social, salud, capacitaciones y mejora de las condiciones de trabajo y de vida. Además, sostienen que aquellos recicladores que reciben este tipo de apoyo pueden agregar un mayor valor a los materiales recuperados, y así, aumentar los ingresos económicos que perciben por los procesos que realizan. Esto se puede alcanzar con el fomento de la aceptación social, la formación de asociaciones y alianzas con empresas privadas.

Para ejemplificar la influencia del reciclaje informal con NFU, Park et al., (2018) describen el caso de un estado en Brasil, en donde en un trabajo en conjunto con gobiernos locales y financiación de una empresa que cubre el 70 % del mercado local de remodelación de neumáticos, se estableció un programa en el que los recicladores informales y personas indigentes eran los encargados de la recolección y venta de los NFU a las importadoras. Este

UCUENCA

plan demostró resultados positivos ya que finalmente, estas empresas pudieron cumplir con sus requisitos legales de gestión. Adicionalmente, demostró el importante aporte del sector informal al reciclaje de neumáticos.

Con respecto al análisis del manejo de NFU, en Tailandia, Jacob et al., (2014) realizaron un MFA del sistema general de reciclaje, reutilización y disposición de neumáticos usados, para el cual se recolectó información primaria y secundaria a partir de encuestas y entrevistas a fabricantes, comerciantes y recicladores formales e informales, en zonas céntricas de Tailandia pues es en donde se concentra mayor movimiento comercial y de reciclaje de neumáticos. Se identificaron los procesos de este sistema, uno de los cuales fue el reciclaje en el cual se reveló que el 4,16 % del caucho fue recuperado y manejado con medios mecánicos como la trituración o molienda y un 0,45 % de NFU enteros y triturados fueron destinados a obras civiles y artesanales como la fabricación de muebles, basureros y macetas. Así mismo, solamente un 1,02 % de NFU fueron reencauchados y reutilizados. Finalmente, una vez cuantificados los flujos dentro del sistema mediante el MFA, se presentan estrategias para mejorar la gestión de los desechos de NFU, entre ellas, normativas de regularización sobre la reutilización de los NFU, planteamiento de la iniciativa de REP de neumáticos, un impuesto a la disposición, monitorización de las actividades de reciclaje, el fortalecimiento de relaciones entre los entes gubernamentales e instituciones que promuevan el aprovechamiento de NFU y, por último, registrar a los recolectores y recicladores en un organismo para impulsar estas alternativas.

Sebola et al., (2018) realizan una comparación de la efectividad del reciclaje de caucho de NFU entre Sudáfrica y la Unión Europea (UE), quienes han alcanzado un porcentaje de reciclaje del 20 % (similar al de Ecuador que es del 30 %) y del casi 100 % respectivamente. Las posibles causas de esta diferencia se analizaron con respecto a normativa de desecho de llantas, volumen de los desechos, las tasas de reciclaje y los organismos responsables del reciclaje. Se observó que en la UE se habían establecido más regulaciones que en Sudáfrica. Para la comparación de volúmenes de desecho se

UCUENCA

normalizaron las cantidades con respecto al PIB de Sudáfrica, Francia, España, Suecia, Dinamarca, Letonia, Eslovaquia, Austria, Alemania y el Reino Unido. Se dedujo que Sudáfrica tenía una mayor cantidad de desechos que procesar en comparación con la baja producción de su economía.

En cuanto a la tasa de reciclaje de NFU, los países de la UE que operaban bajo los principios de la responsabilidad extendida del productor, sistema tributario y el sistema libre de mercado alcanzaron tasas de reciclaje del 94-100 %; mientras que, en Sudáfrica se registró un reciclaje del 19 % a través de la Iniciativa de Reciclaje y Desarrollo Económico de Sudáfrica y el Plan de Manejo Integrado de Llantas de Desecho de la Industria. Finalmente, se concluyó que el establecimiento de regulaciones y su aplicación, son fundamentales para un reciclaje exitoso, así como maximizar las oportunidades de mejora de la calidad de vida de los ciudadanos fomentando su participación en los procesos al crear fuentes de empleo y nuevos sistemas, dando un mayor valor al aspecto social (Sebola et al., 2018).

En el contexto nacional, existen sectores de la población dedicados al aprovechamiento de residuos de caucho, mediante procesos de reciclaje y reutilización, ejecutados de manera informal, transformándolos para darles otro valor de uso. Es necesario dar mayor consideración al reciclaje informal pues este fenómeno es importante en países en desarrollo como Ecuador, por su aporte a la creación de fuentes de trabajo y a la prevención de contaminación ambiental según explica Nzeadibe, (2009).

Es así que, con el fin de incentivar la fabricación de artesanías a partir del uso de residuos de caucho, Viera, (2011) propuso un proyecto ambiental para la reutilización del caucho de los NFU, enfocándose en la inclusión de la población de artesanos informales del sector de Pilligsilli en Latacunga. Se planteaba considerarlos como un grupo de gestores para la organización y manejo de la materia prima que serviría para la producción de otros artículos o como fuentes de energía, en el caso de aquellos residuos que no eran aptos para la fabricación de las artesanías mencionadas anteriormente. Los datos para el desarrollo del

UCUENCA

trabajo fueron obtenidos de los productores de la zona de estudio y usados para la determinación de la viabilidad técnica, económica y ambiental del proyecto, concluyendo ser efectiva en todos los aspectos.

Posso & Buenaño (2014) por su parte, realizan un trabajo de análisis de los beneficios y utilidades de la aplicación de técnicas de reciclaje de neumáticos en Ecuador. Para cumplir con sus objetivos, en primera instancia hacen una revisión situacional de la gestión de NFU a partir de fuentes de información como gestores ambientales, empresas privadas y el gobierno. Así mismo, evalúan las metodologías aplicadas en países extranjeros en donde se han desarrollado notablemente mejor y tienen una aceptación significativa. Una vez recopilados los datos determinaron cuál sería el impacto de la ejecución de las distintas técnicas en el Ecuador y cómo beneficiaría al sector informal con la creación de fuentes de trabajo aportando a su economía.

Mediante un análisis de los estudios presentados, se determinó que los autores coinciden que la implementación de estrategias de regularización de las normas de reciclaje, inclusión, organización y capacitación de los recicladores informales de caucho, repercuten en un manejo más efectivo de estos residuos permitiendo un mayor impacto positivo tanto ambiental como social.

4. Metodología

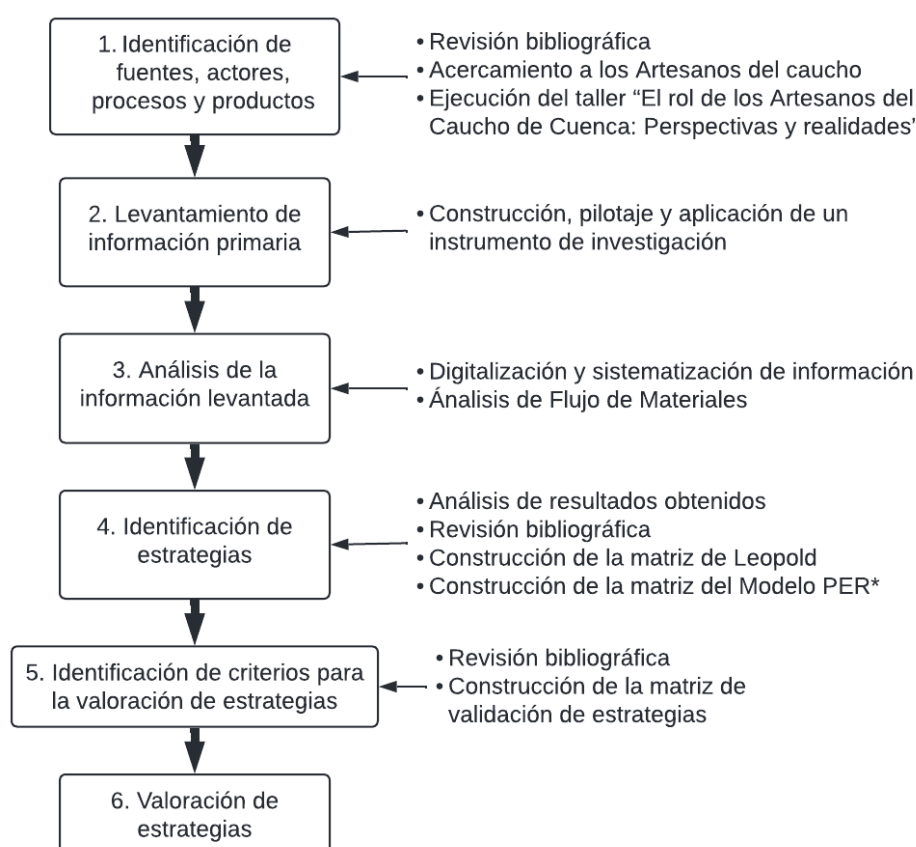
Para llevar a cabo el presente trabajo, se empleó una investigación de tipo exploratoria y descriptiva, considerando que se centró en recopilar información de variables concretas que no han sido analizadas anteriormente. Para lo cual, se mantuvo contacto directo con los Artesanos del caucho de Narancay y se apoyó en un instrumento de investigación mixto: entrevista y encuesta, como medio de recolección de información primaria (Ayala, 2015). De igual forma, para contar con un pertinente repertorio documental, mediante revisión bibliográfica se consultaron fuentes secundarias como casos de estudio, iniciativas, programas, proyectos, etc. relacionados a la gestión de NFU, como complemento para

alcanzar los objetivos del estudio.

Para el análisis de los datos se basó en la metodología propuesta por Brunner & Rechberger, (2016), que propone un análisis de flujo de materiales a través de un balance de masa, cuyo resultado sirvió de guía para la identificación de las respectivas estrategias de mejoramiento ambiental de los procesos de aprovechamiento artesanal. El esquema de la metodología empleada en esta investigación se presenta en la Figura 7.

Figura 7

Esquema de la metodología empleada



Nota. PER: Presión, Estado, Respuesta.

4.1 Identificación de fuentes, actores, procesos y productos

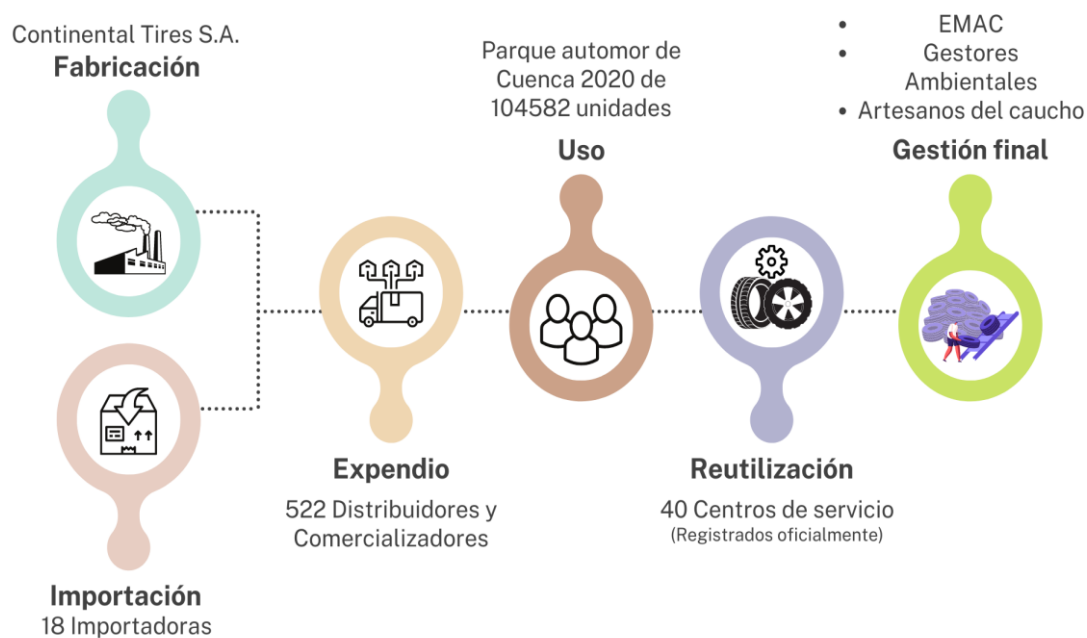
Este estudio se centra en los Artesanos del Caucho de Narancay; sin embargo, se ha considerado que para comprender cómo este grupo de personas aprovecha los NFU, es importante contar con una contextualización acerca del ciclo de vida de los neumáticos y los

UCUENCA

actores que intervienen en el mismo. Adaptando al contexto local, la Figura 8 presenta los actores según las funciones que cumplen dentro de las respectivas etapas de acuerdo al esquema detallado previamente en el apartado 2.2.3.

Figura 8

Esquema de etapas y actores del ciclo de vida de los neumáticos en el contexto local



Se entiende que en este sistema cada actor cumple con funciones específicas, es así que, los fabricantes e importadores, son los entes que abastecen al mercado automovilístico de neumáticos nuevos. En fabricación está Continental Tires Andina S.A., que es la única empresa fabricante de neumáticos en el país. Hasta el 2019 de 28 565 neumáticos fabricados, el 15 % de su producción total de neumáticos se destinaron a las ensambladoras de vehículos, mientras que, el 85 % para restitución. Así mismo, de esta producción el 60 % fue comercializada a nivel nacional, el 15 % se exportaron hacia Colombia y Venezuela; y, el 25 % restante, hacia Perú, Chile y Bolivia (Campoverde et al., 2019)

En importación, se ubican los negocios importadores de neumáticos que según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), en el periodo de julio del 2021 a junio del 2022, ingresaron al país un total de 3 752 055 neumáticos de distintos usos como

se especifica en la Tabla 4 (AEADE, 2021; AEADE, 2022). En Cuenca se encuentran registradas 18 importadoras de neumáticos (Arévalo et al., 2022).

Tabla 4

Neumáticos importados en el 2021 por categoría

Importaciones de neumáticos (julio 2021 - junio 2022)	
Categoría	Número de neumáticos
Agrícola	13 283
Bus y camión	377 810
Construcción – Industrial	44 989
Liviano	2 393 884
Minería	1052
Moto	919 150
Otros	1887
Total	3 752 055

En la fase de expendio, se encuentran los Comercializadores y Distribuidores, encargados del transporte y distribución de los neumáticos. Los negocios de este tipo registrados en el GAD Municipal de Cuenca son 522 (Arévalo et al., 2022).

Quienes adquieren y dan uso a los neumáticos son los actores: Usuarios y Empresas privadas, los cuales al cumplir la misma función fueron agrupados y catalogados como Usuarios. Arévalo et al., (2022) detallan que el parque automotor cuencano en el 2020 estaba compuesto por 61 070 vehículos particulares, 18 380 camionetas y furgonetas, 3447 taxis, 15 157 motos, 1712 buses y 4816 camiones de carga.

En la etapa de reutilización está el grupo de Centros de servicio, conformado por las reencauchadoras, vulcanizadoras y tecnicentros, cuyas actividades se enfocan en el mantenimiento y alargamiento de la vida útil de los NFU mediante procesos mecánicos. En el

GAD Municipal de Cuenca se encuentran registradas oficialmente 40 centros de servicio (Arévalo et al., 2022).

Por último, cuando los neumáticos ya no son aptos para cumplir la función para la cual fueron fabricados, son los Gestores autorizados y los Artesanos del Caucho, quienes gestionan adecuadamente los NFU para minimizar el potencial impacto ambiental causado por un mal manejo, estos actores integran la etapa de disposición final. En el caso de los gestores ambientales, actualmente en el país son varias las organizaciones activas encargadas del manejo, reciclaje y disposición de los NFU, estas han propuesto o han aplicado programas que contribuyen a una gestión eficiente de estos residuos. Tal es el caso del Sistema Ecuatoriano de Gestión Integral de Neumáticos Usados (SEGINUS) que es la principal empresa gestora de NFU que labora en Cuenca. Para el 2021, SEGINUS alcanzó un porcentaje de recolección del 89,5 % a nivel nacional, representando un total de 1 894 810 NFU gestionados. De los cuales, 21 % fueron recolectados en Guayaquil, 20 % en Pichincha, 10 % en Azuay y Loja, 5 % en Manabí, El Oro, Cotopaxi y Chimborazo, 4 % en Tungurahua y Los Ríos; y por último, del 2 % en Santo Domingo (El Universo, 2022). Los tratamientos que esta corporación da a los NFU son un 56 % granulado, 27 % pirólisis, 15 % cogeneración y 2 % aprovechamiento artesanal (SEGINUS, 2021).

Los artesanos del caucho de Narancay conforman un grupo de personas dedicadas a la elaboración de artesanías usando como materia prima los NFU, en la mayoría de casos ellos recolectan dicho material dentro y fuera de Cuenca, practicando lo que se conoce como reciclaje informal. A pesar de ser un grupo reconocido local y nacionalmente, no se ha encontrado estudios previos que describan con detalle las actividades de aprovechamiento que realizan o que traten alguna temática económica, social o ambiental relacionada a los mismos. Para cubrir la escasez de información en fuentes secundarias se desarrollaron estrategias para la recopilación de información primaria sobre los insumos y materiales empleados en los procesos de aprovechamiento de NFU mediante visitas de campo, el uso de instrumentos de investigación y posterior análisis de datos levantados.

4.1.1 Levantamiento de Información

Como se mencionó anteriormente, este es un trabajo exploratorio ya que se desconoce de otros estudios previos que hayan recopilado información acerca de las actividades artesanales del grupo, por esta razón, para el levantamiento de línea base, resultó necesario obtener información previa a partir de la cual se pueda construir el instrumento de investigación. El uso del conocimiento de los artesanos para conceptuar los patrones comunes de aprovechamiento de los NFU se consideró imprescindible, por esta razón el levantamiento de información se desarrolló en tres etapas: 1. Acercamiento a los actores y levantamiento de información básica; 2. Construcción del instrumento de investigación; y, 3. Aplicación del instrumento de investigación.

4.1.1.1 Acercamiento a los Actores y Levantamiento de Información Básica

Esta etapa consistió en una visita de campo en la cual se dio el primer acercamiento al grupo de artesanos, mediante el cual se socializó tanto el proyecto de investigación “Diagnóstico Socioambiental del Sector Cauchero en el Área Urbana del Cantón Cuenca” llevado a cabo por el Grupo de Economía Circular Inclusiva (ECI) de la Universidad de Cuenca, como el presente estudio. Así mismo, se obtuvo un registro de los talleres y de las personas que realizan las distintas actividades artesanales. Con estos datos, se procedió a la planificación del segundo acercamiento para el levantamiento de información básica.

Para esto se ejecutó el Taller denominado “El rol de los Artesanos del Caucho de Cuenca: Perspectivas y realidades”, que contó con la participación de 13 artesanos de Narancay, además de un representante de la Comisión de Gestión Ambiental de Cuenca (CGA), uno de la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC), tres miembros de la Universidad del Azuay y cuatro integrantes del Grupo ECI. En el taller se abordó tres temáticas principales: 1. Actividad en relación al trabajo; 2. Relación entre actores; y, 3. Actividad socioeconómica. Para las cuales, las actividades se desarrollaron en tres momentos y cuyo registro fotográfico se muestra en el Anexo 1.

- Primer momento: Trabajo lúdico y exposición de los Artesanos del Caucho
- Segundo momento: Intervenciones de las entidades de regulación de Cuenca
- Tercer momento: Diálogo entre los actores.

Como resultados de interés para este trabajo, en este taller se identificó un total de 33 artesanos y nueve talleres en funcionamiento actual, ubicados principalmente en la Panamericana Sur Km 2, al suroeste de Cuenca. También, se obtuvo información sobre los procesos y productos obtenidos durante el aprovechamiento y una base de datos de los artesanos que laboran en Narancay. A partir de estos resultados se procedió a la construcción del instrumento de investigación.

4.1.1.2 Construcción del Instrumento de Investigación

Dada la condición de informalidad de los artesanos del caucho, la escasa información y con base en la revisión de casos de estudio con características similares al grupo de artesanos como el de Cajamarca et al., (2019); se ha considerado idóneo un instrumento de investigación mixto: encuesta y entrevista para el levantamiento de información cualitativa y cuantitativa, respectivamente. El cuestionario aplicado se ha desarrollado según los requerimientos de información de este trabajo y del proyecto de investigación antes mencionado. Para la construcción del instrumento de investigación se estructuraron preguntas acordes a un conjunto de variables identificadas a partir de la información recopilada inicialmente.

➤ Variables para el Instrumento de Investigación

Como variables generales, se ha identificado la información general del informante, procesos productivos, comercialización, generación y disposición de residuos. Cada una, se deriva en variables intermedias que hacen referencia a aspectos parciales a considerar para la obtención de información más concreta. Estas a la vez, se derivan en variables empíricas que son las formas en que se medirá específicamente la variable general. Se ha efectuado

una operacionalización de un total de cuatro variables generales, siete variables intermedias y 29 variables empíricas, consideradas necesarias para la ejecución de este trabajo y del proyecto de investigación mencionado anteriormente, la matriz de este proceso se puede observar en el Anexo 2.

4.1.1.3 Pilotaje del Instrumento de Investigación

Se aplicó una encuesta piloto a un grupo aleatorio de artesanos con el objetivo de comprobar la receptividad de los artesanos a las preguntas e identificar cualquier dificultad en la comprensión de las mismas para de esta forma, garantizar una aplicación efectiva de la misma. Se abordaron temas sociodemográficos, socioeconómicos, productivos y/o de servicios, las preguntas aplicadas se generaron con base en las variables empíricas de la operacionalización previa. El modelo final del instrumento de investigación aplicado se puede visualizar en el Anexo 3.

4.1.1.4 Aplicación del Instrumento de Investigación

Teniendo en cuenta que los artesanos del caucho de Narancay son un grupo pequeño, el instrumento de investigación se aplicó a los propietarios de todos los talleres artesanales identificados en las fases previas. Al tratarse de un cuestionario mixto, en primera instancia se realizaron un total de nueve encuestas personales con preguntas cuantitativas, y posteriormente, nueve entrevistas que incluyeron las preguntas cualitativas. En el Anexo 4 se muestra el registro fotográfico del levantamiento de información.

4.2 Procesamiento de la Información

Una vez recopilada la información fue necesario procesarla para más adelante, analizarla a través de la metodología de MFA. Es así que, en primera instancia todos los datos fueron digitalizados y sistematizados para determinar el número de NFU receptados y empleados en cada tipo de producto, los residuos generados durante los respectivos procesos de elaboración, entre otras variables necesarias para el MFA. Previa a la estimación de la cantidad anual de los flujos de recepción, aprovechamiento y exportación artesanal de

NFU, se consultaron los flujos mensuales durante el periodo de estudio (julio 2021 a junio 2022). Esto con el fin de hacer una aproximación más fiable a la cantidad de NFU manejadas por los artesanos (Anexo 5).

4.2.1 Variación Porcentual Mensual

A partir de las fluctuaciones reportadas por los artesanos para los diferentes flujos en el instrumento de investigación aplicado a los Artesanos del sector de Narancay, se estimó la variación porcentual mensual con respecto al promedio de la cantidad de NFU referida, mediante la aplicación de la Ecuación 1.

$$VP = \frac{V_2 - V_1}{V_1} * 100 \quad (1)$$

Donde:

VP: Variación porcentual

V₁: Valor promedio de NFU

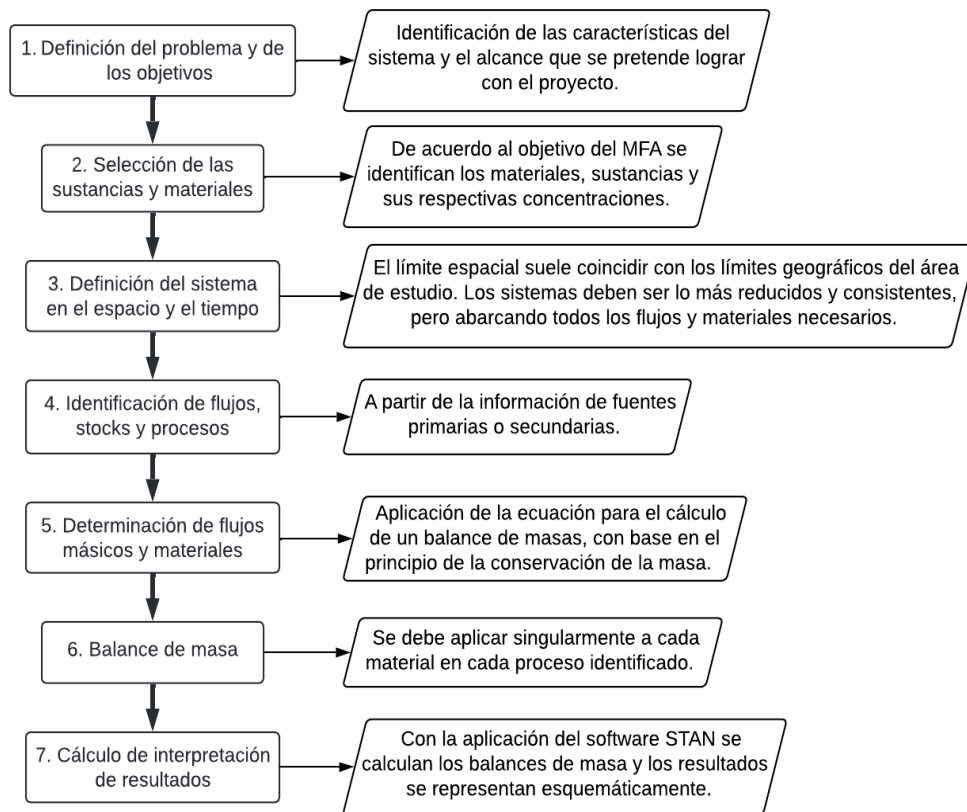
V₂: Valor mensual de NFU

4.3 Análisis de Flujo de Materiales

Brunner & Rechberger, (2016); plantean una serie de pasos que llevan a realizar un MFA, este proceso se representa en el esquema de la Figura 9.

Figura 9

Metodología de un Análisis de Flujo de Materiales



Nota: Adaptado de *Handbook of Material Flow Analysis: For Environmental, Resource, and Waste Engineers* (Edición N°2, p. 51-94), por Brunner & Rechberger, 2016.

4.3.1 Definición del Problema y Objetivos

Ante los posibles efectos ambientales y a la salud que una mala disposición de NFU pueden provocar, es necesario tomar las medidas necesarias que permitan reducir estos riesgos dando un adecuado manejo a los mismos. Para hacer esto posible es necesaria la toma de decisiones desde las autoridades de regularización y la formulación de alternativas estratégicas, las cuales deben estar basadas en evidencia e información formal.

En Ecuador se generan aproximadamente 2,4 millones NFU al año (Guevara et al., 2020); sin embargo, no se han encontrado registros oficiales acerca de la generación de NFU que permitan conocer a ciencia cierta cuántos NFU son generados a nivel local. No obstante,

Arévalo et al., (2022) estimaron que la cantidad de neumáticos que llegaron al final de su vida útil a partir del parque automotor de Cuenca del 2020, calculando un total de 106 044 NFU. Aunque este dato permite tener una idea sobre la generación de estos residuos, la incertidumbre sobre las cifras de aprovechamiento y gestión de los mismos quedan sin ser solventadas pues, a pesar de existir un movimiento importante de aprovechamiento en la ciudad desempeñado por los Artesanos del caucho de Narancay, y al ser una actividad que se podría considerar importante teniendo en cuenta los impactos de una disposición final inadecuada de los NFU, no se ha investigado o analizado a profundidad los procesos de reutilización de NFU realizados por este grupo de personas, ni su aporte positivo o negativo al ambiente.

En este contexto, se evidencia la pertinencia de un análisis de los patrones de aprovechamiento artesanal, flujos y procesos relacionados a los artesanos. Para lo cual, mediante la aplicación del instrumento de investigación previa, se buscó conocer la cantidad de NFU recolectada y tratados por los artesanos; así como, la modalidad de aprovechamiento para la elaboración de artesanías. Con base en el MFA se pretende entender y analizar la naturaleza de los procesos, los flujos de entrada y salida de los mismos, así como también los residuos generados para posteriormente identificar posibles alternativas que promuevan un manejo más eficiente de NFU. Es importante mencionar que el MFA permitió conocer flujos desconocidos dentro del sistema, por lo que facilita la comprensión de flujos, procesos y residuos que se generan durante el aprovechamiento.

4.3.2 Selección de Materiales

El material analizado en cuestión fueron netamente neumáticos al final de su ciclo de vida denominados Neumáticos Fuera de Uso (NFU), ya que al ser considerados residuos especiales requieren un tratamiento apropiado al momento de ser manejados por gestores ambientales o artesanos, los demás materiales utilizados en la fabricación de algunas artesanías como bebederos o macetas se consideran despreciables por su peso y cantidad

reducidos (menor al 1% del peso total del producto) en comparación a la cantidad de caucho empleado como explican Brunner & Rechberger, (2016). Para conocer la masa de los neumáticos se realizaron pruebas en campo mediante las cuales se calculó un promedio para cada tipo de NFU, como lo realizado por Jacob et al., (2014) para su estudio.

En dichas pruebas se utilizó una balanza de plataforma digital de marca Century Tools, modelo TCS-300 con precisión de 0,1 kg. Se pesaron cinco neumáticos radiales de rines 13, 14, 15, 16 y 18; mientras que para el promedio de NFU convencionales se calculó con cinco ejemplares NFU de camiones grandes, pequeños y montacargas (véase la Tabla 5). Los NFU fueron seleccionados de manera visual y a criterio de los artesanos, con base en el desgaste de su estructura y mayor frecuencia de adquisición de los mismos.

Tabla 5

Pesos de NFU en campo

Pesos NFU en campo								
Tipo de NFU	Categoría de neumáticos	M1 (kg)	M2 (kg)	M3 (kg)	M4 (kg)	M5 (kg)	Peso promedio (kg)	Peso promedio por tipo de NFU (kg)
NFUR	A13	4,7	4,5	5,32	5,34	5,19	5,01	8,98
	A14	5,96	6,05	5,39	8,73	7,35	6,69	
	A15	16,72	7,85	6,51	5,91	8,72	9,14	
	A16	7,59	11,43	6,7	10,88	11,12	9,54	
	A18	14,18	14,89	14,96	14,4	14,2	14,53	
NFUC	Montacarga	15,14	37,03	24,73	31,32	34,24	28,49	60,81
	Convencional grande	67,3	59,24	48,14	48,73	52,43	55,17	
	Camión pequeño	12,16	12,05	13,09	14,49	14,21	13,20	
	Camión grande	146,1	144,11	146,4	148,02	147,35	146,40	

Nota: M1: Muestra 1, M2: Muestra 2, M3: Muestra 3, M4: Muestra 4, M5: Muestra 5.

NFUR: Neumáticos Fuera de Uso Radiales, NFUC: Neumáticos Fuera de Uso

Convencionales.

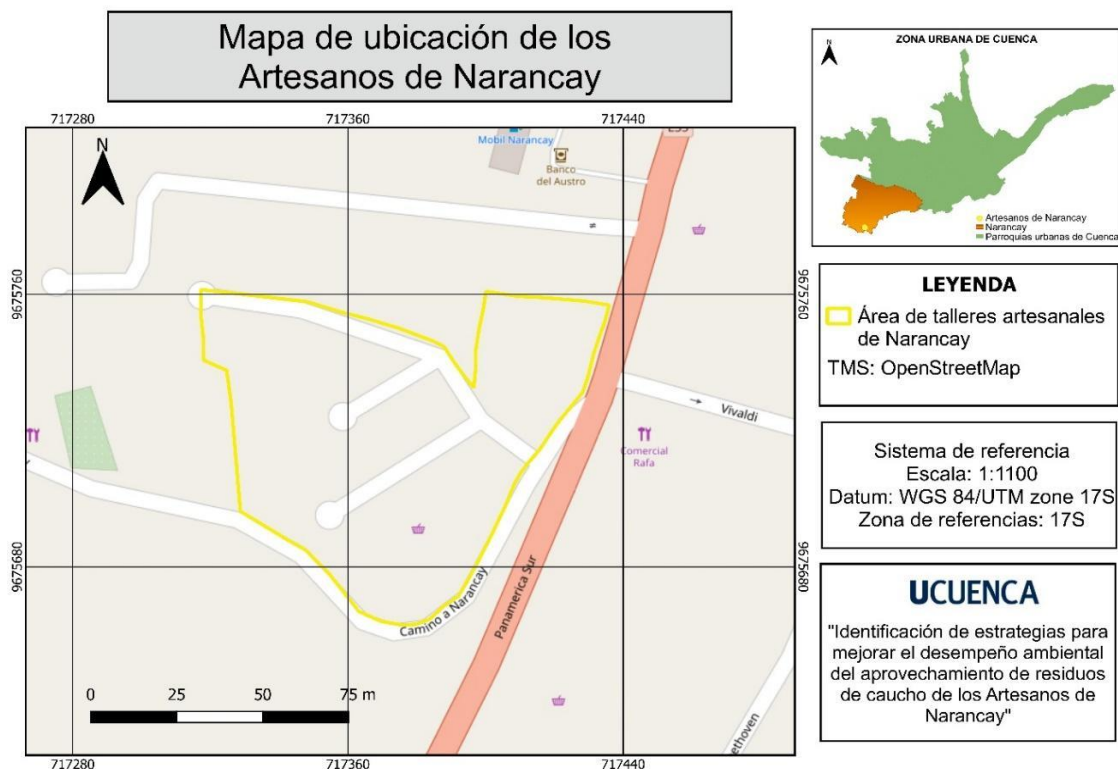
Se obtuvo una masa promedio de 8,98 kg y 60,81 kg por NFU radial y convencional, respectivamente. Lo que se constata con las masas expresadas en literatura que son de 6,5 kg a 9 kg para NFU radiales y 55 kg a 80 kg para NFU convencionales (Andrade & Agualsaca, 2018; López et al., 2009; Jacob et al., 2014).

4.3.3 Definición del Sistema en el Espacio y Tiempo

El sistema se definió desde la recepción de NFU hasta la producción de artesanías, ya que son los procesos en los que los artesanos del caucho intervienen de manera directa. El límite espacial fue definido por la ubicación geográfica del grupo de estudio, en el km 2 de la Panamericana Sur de la ciudad, como se indica en la Figura 10. Se consideró que el límite temporal más apropiado para el sistema es un periodo de un año desde julio de 2021 hasta junio de 2022, ya que para entonces las actividades post pandemia se normalizaron y principalmente, la elaboración de todos los productos fue estable y el sistema se equilibró.

Figura 10

Mapa del límite espacial de los Artesanos del Caucho

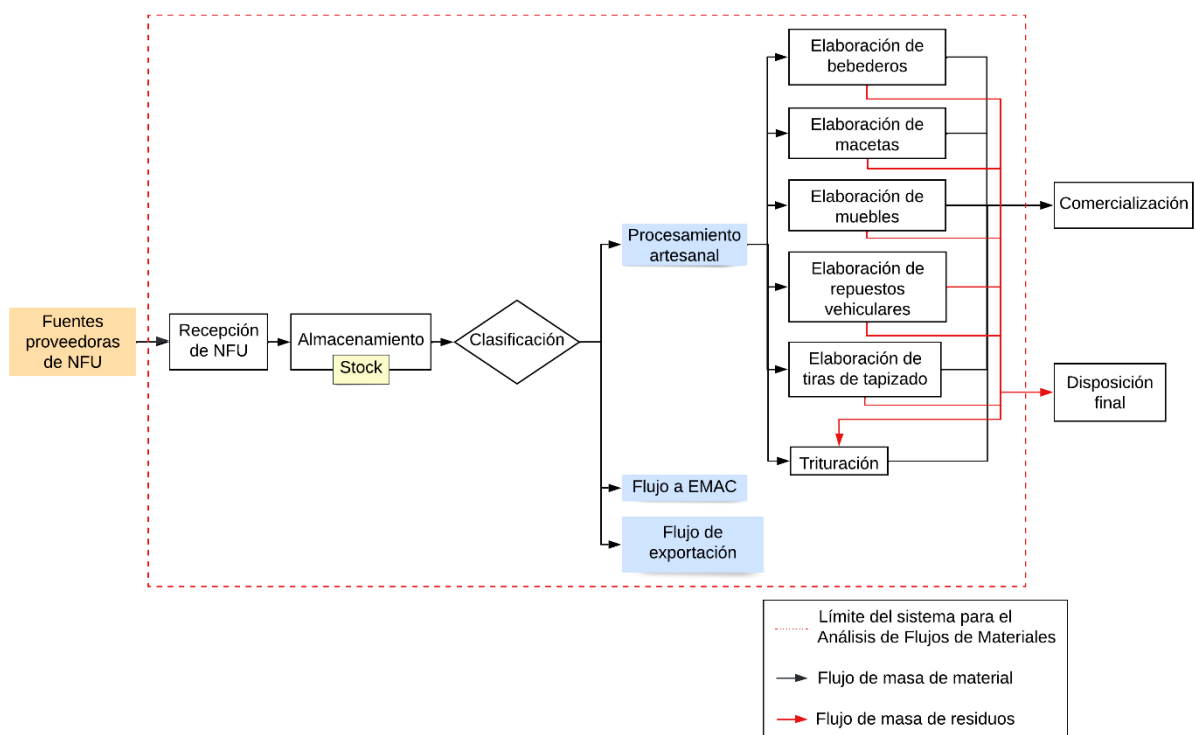


4.3.4 Identificación de Flujos, Stock y Procesos

Para identificar los flujos de los procesos se analizó la información levantada en campo, a través de esta se conocieron los productos y sus respectivas fases de elaboración. Así mismo, se calculó la masa de entrada, stock y salida. En la Figura 11 se expone un esquema general de los flujos determinados en este primer análisis.

Figura 11

Esquema general del aprovechamiento de caucho por los Artesanos del caucho de Narancay



4.3.4.1 Determinación de los Coeficientes de Transferencia

El coeficiente de transferencia (CT) indica la fracción de un material o sustancia que entra o sale de un proceso a otro, es decir, la distribución del material dentro del sistema, ya sea de una entrada o salida concreta; o de la suma de las mismas. Se debe considerar que la suma de los CT de los flujos de salida debe resultar 1 o 100 %. Los CT son específicos y representan las características de los procesos, dependen de las condiciones de los mismos

y pueden ser variables o constantes considerando un rango establecido (Brunner & Rechberger, 2016).

Para este caso de estudio se determinaron dos CT, uno para los procesos de aprovechamiento de NFU y el otro para los residuos generados en las etapas de los mismos. En el segundo caso requirió una consideración especial, ya que una parte de los fragmentos de caucho se envían a disposición final, mientras que otro porcentaje a trituración o directamente a almacenamiento junto al producto de los NFU triturados. Estos CT se definieron mediante las Ecuaciones 2, 3 y 4.

$$CT = \frac{MSi}{\sum_{i=1}^{Ki} MEi} \quad (2)$$

Donde:

CT: Coeficiente de transferencia de los procesos (CTp) y residuos (CTr)

MSi: Masa de salida por procesos

MEi: Masa de entrada del proceso

$$CTdp = CTr * ndp \quad (3)$$

$$CTt = CTr * nt \quad (4)$$

Donde:

CTr: Coeficiente de transferencia de residuos

CTdp: Coeficiente de transferencia de residuos a disposición final

CTt: Coeficiente de transferencia de residuos a trituración final

ndp: Porcentaje de residuos enviados a disposición final

nt: Porcentaje de residuos enviados a trituración

El cálculo de los CT de los flujos de los productos se muestra en el Anexo 6. En el caso de la elaboración de muebles y trituración no fue necesario un cálculo de CTr ya que son procesos cuya generación de residuos se considera despreciable.

4.3.5 Balance de Masas

Ya seleccionados los elementos del sistema (materiales y procesos) se procede a calcular un balance de masas, con base en el principio de conservación de la masa dado por la Ecuación 5. El balance de los materiales debe estar equilibrado en cada proceso y de forma general.

$$\Sigma ki (input) = \Sigma ko (output) + m (stock) \quad (5)$$

Donde:

ki: indica los flujos de entrada

ko: indica los flujos de salida

m: representa el flujo másico en almacenamiento

4.3.6 Cálculo de Resultados

A partir de la sistematización de la información levantada en las etapas anteriores, se calculó el balance de masa mediante el software STAN 2.6, tal como lo sugiere la metodología de Brunner & Rechberger (2016). Para esto se introduce en el programa la información de los flujos de masa, stock y coeficientes de transferencia en un diagrama de flujo elaborado previamente.

4.4 Validación de la Calidad de Datos

Para valorar la calidad de la información levantada con un enfoque cualitativo se aplicó una Matriz de Pedigree, la misma que evalúa los datos con base en cinco indicadores: *Fiabilidad, Integridad, Correlación temporal, Correlación geográfica y Correlación tecnológica*, representados en la Tabla 7. A cada indicador se le da una puntuación del 1 al 5, siendo 1 la mejor y 5 la peor (Oliveira, 2013). Estos indicadores hacen referencia a la procedencia de los datos y su puntuación indica la calidad de los datos (Márquez, 2021). Para interpretar estos resultados se emplearon las puntuaciones de la Tabla 6. Finalmente, se valoró la información

UCUENCA

de cada uno de los procesos identificados en este estudio, las puntuaciones y sus respectivas interpretaciones se presentan en la Tabla 8.

Con base en la Tabla 6, se interpreta que toda la información referida por los artesanos se mantiene dentro de la categoría de *regular*. La naturaleza de este estudio limitó el cálculo de una incertidumbre cuantitativa, al ser un levantamiento de línea base. Sin embargo, la Matriz de Pedigree permite validar la calidad de los datos de forma cualitativa.

Tabla 6

Puntuaciones e interpretación de los indicadores de la Matriz de Pedigree

Puntuación	Interpretación
< 1,5	Muy buena
1,6 - 2,5	Buena
2,6 - 3,5	Regular
3,6 - 4,5	Mala
> 4,5	Muy mala

Tabla 7

Matriz de Pedigree

Indicador	Puntuación 1	Puntuación 2	Puntuación 3	Puntuación 4	Puntuación 5
Fiabilidad	Datos verificados basados en mediciones	Datos verificados basados parcialmente en suposiciones o datos no verificados basados en mediciones	Datos no verificados parcialmente basados en estimaciones cualificadas	Estimado calificado	Estimados no cualificados
Integridad	Datos representativos de todos los sitios relevantes para el mercado considerado, durante un periodo adecuado para equilibrar las fluctuaciones normales	Datos representativos del 50 % de los sitios relevantes para el mercado considerado, durante un periodo adecuado para nivelar las fluctuaciones normales	Datos representativos de solo algunos sitios (<< 50 %) relevantes para el mercado considerado o >50 % de los sitios pero de periodos más cortos	Datos representativos de un solo sitio relevante para el mercado considerado o de algunos sitios pero de periodos más cortos	Representatividad desconocida o datos de un pequeño número de sitios y de periodos más cortos
Correlación temporal	Menos de tres años de diferencia con el periodo de tiempo del conjunto de datos	Menos de 6 años de diferencia con el periodo de tiempo del conjunto de datos	Menos de 10 años de diferencia con el periodo de tiempo del conjunto de datos	Menos de 15 años de diferencia con el periodo de tiempo del conjunto de datos	Antigüedad de los datos desconocida o de más de 15 años de diferencia con el periodo del conjunto de datos

Indicador	Puntuación 1	Puntuación 2	Puntuación 3	Puntuación 4	Puntuación 5
Correlación geográfica	Datos del área bajo estudio	Datos promedio de una zona más amplia en la que está incluida la zona estudiada	Datos del área son similar producción	Datos del área con condiciones de producción ligeramente similares	Datos de desconocidos o de un área claramente distinta
Correlación tecnológica	Datos de empresas, procesos y materiales en estudio	Datos de procesos y materiales en estudio	Datos de los procesos y materiales en estudio pero de diferente tecnología	Datos sobre procesos o materiales relacionados	Datos sobre procesos relacionados a escala de laboratorio o de diferentes tecnologías

Nota: Adaptado de “Análisis del ciclo de vida como instrumento de desarrollo de la ecología industrial: aplicación al proceso de impresión de un periódico” por Lozano Medina, 2014.

Tabla 8

Valoración de la Matriz de Pedigree

Matriz de Pedigree								
Proceso	Fuente	Fiabilidad	Integridad	Correlación temporal	Correlación geográfica	Correlación tecnológica	Promedio	Interpretación
Recepción de NFU	Primaria-Artesanos del caucho	4	5	1	1	2	2,6	Regular
Almacenamiento de NFU	Primaria-Artesanos del caucho	4	5	1	1	2	2,6	Regular
Clasificación según el uso	Primaria-Artesanos del caucho	4	5	1	1	2	2,6	Regular
Elaboración de bebederos	Primaria-Artesanos del caucho	4	5	1	1	2	2,6	Regular
Elaboración de macetas	Primaria-Artesanos del caucho	4	5	1	1	2	2,6	Regular
Elaboración de muebles	Primaria-Artesanos del caucho	4	5	1	1	2	2,6	Regular

Proceso	Fuente	Fiabilidad	Integridad	Correlación temporal	Correlación geográfica	Correlación tecnológica	Promedio	Interpretación
Elaboración de repuestos vehiculares	Primaria-Artesanos del caucho	4	5	1	1	2	2,6	Regular
Elaboración de tiras	Primaria-Artesanos del caucho	4	5	1	1	2	2,6	Regular
Trituración	Primaria-Artesanos del caucho	4	5	1	1	2	2,6	Regular
Flujo de residuos a EMAC	Primaria-Artesanos del caucho	4	5	1	1	2	2,6	Regular
Flujo de exportación	Primaria-Artesanos del caucho	4	5	1	1	2	2,6	Regular
Flujo de NFU a EMAC	Secundaria-EMAC EP	1	5	1	1	2	2	Buena

4.5 Verificación de Datos

Para la verificación de datos se convocó a un grupo de artesanos a la realización de una mesa de trabajo, a la cual fueron invitados un representante de cada organización de artesanos identificada (Procaucho y ASORECAU) y un representante de los artesanos independientes, para esto se gestionó como espacio la Casa Comunal “La Calera” en Narancay, procurando brindar un ambiente de confianza y comodidad a los asistentes. Durante la sesión, se realizó una socialización sintetizada de la metodología empleada para calcular el MFA. A través de una presentación gráfica de los flujos calculados, entradas y salidas del MFA preliminar, se especificó las cantidades en número de neumáticos y masa de los mismos.

Se presentaron los resultados del balance de masas de los procesos de elaboración de los productos de forma individual, de una manera estratégica para facilitar la comprensión de los participantes. Seguido, se proporcionó fichas en donde constaba dicha información y se abrió un espacio de diálogo participativo entre los presentes en la mesa de trabajo, en el cual se consultó la calidez y concordancia de cada flujograma con el objetivo de recibir retroalimentación y comprobar la confiabilidad de los datos. Una vez validada la información, estos resultados fueron incluidos en el MFA final a presentar en este documento.

4.6 Identificación de Actividades Generadoras de Impacto Ambiental

Llevada a cabo la construcción del MFA definitivo, se identificaron las actividades que generan impactos tomando como base los flujos de aprovechamiento de NFU calculados en el balance de masas. Para esto se empleó una de las metodologías más utilizadas en los estudios y evaluaciones de impacto ambiental, como lo es la Matriz de Leopold que consiste en una matriz de interacciones simple, en donde las filas contienen los factores ambientales susceptibles a ser alterados; y, las columnas, las acciones a llevarse a cabo y que podrían ocasionar impactos (Coria, 2008). Los factores ambientales analizados en este tipo de matrices dependen de las actividades que se deseen evaluar, para este caso fueron

adaptados a partir de los presentados por Arévalo et al., (2022) y Dellavedova, (2016); además se realizó una depuración de los factores ambientales para poder ajustar los mismos a las condiciones del sistema a través de la verificación y validación por técnicos del Grupo de ECI a saber en la Tabla 9. La Matriz de Leopold aplicada para este trabajo se presenta en el Anexo 8a.

Tabla 9

Factores ambientales

Factores ambientales	
Atmósfera	Gases
	Material particulado
	Ruido y vibraciones
Fauna	Vectores sanitarios
Componentes Urbanos	Residuos sólidos
	Tránsito vehicular
	Incidencia sobre otros servicios
Paisaje	Alteración del entorno
Socioeconómicos - culturales	Empleo
	Incidencia sobre el comercio e industria
	Uso autorizado/oficial del espacio
Uso de recursos naturales	Combustibles fósiles
	Consumo de energía
Salud humana	Condiciones de salud y seguridad ocupacional

Con respecto a las actividades que podrían generar impactos, se tomaron en cuenta todos los procesos presentados en el MFA, ya que mediante esta metodología se conoció

UCUENCA

que cada una de las actividades tiene su propia naturaleza y contienen aspectos importantes que deben ser considerados. Estas se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10

Flujos y actividades de interacción con los factores ambientales

Flujos	Actividades
Recepción/ Recolección de NFU	Transporte de NFU
Almacenamiento	Acopio de NFU
	Corte
Elaboración de bebederos	Ensamblaje
	Comercialización
	Volteo
	Corte
	Moldeamiento
Elaboración de macetas	Ensamblaje
	Pintado
	Decoración
	Comercialización
	Corte
	Ensamblaje
Elaboración de muebles	Pintado
	Decoración
	Comercialización
	Corte
Elaboración de tiras	Comercialización

Flujos	Actividades
Elaboración de repuestos vehiculares	Corte manual
	Corte con máquinas
	Emparejado
	Huequeado
	Comercialización
Trituración	Corte
	Trituración
	Comercialización
Otros	Exportación de NFU
	Envío de NFU a EMAC

Para evaluar las interacciones entre las actividades y los factores ambientales se las valoró con respecto a dos variables: Magnitud (M) e Importancia (I), para esto se dividió la casilla en diagonal colocando la magnitud en el triángulo superior y la intensidad en el inferior (Dellavedova, 2016).

A cada variable se le asignó un valor en una escala del 1 al 10 según sea el caso. La magnitud hace referencia a la alteración del factor ambiental con respecto a la actividad. En este caso, la puntuación fue precedida por un signo positivo (+) o negativo (-), en concordancia al impacto. Por otro lado, la importancia, está relacionada a la relevancia del impacto sobre los factores correspondientes. En las Tabla 11 y 12, se presentan las puntuaciones sugeridas según cada variable (Programas Ambientales UMB Virtual, 2019).

Tabla 11

Puntuaciones para evaluar la Magnitud del Impacto

MAGNITUD		
Intensidad	Alteración	Puntuación
Baja	Baja	-1
Baja	Media	-2
Baja	Alta	-3
Media	Baja	-4
Media	Media	-5
Media	Alta	-6
Alta	Baja	-7
Alta	Media	-8
Alta	Alta	-9
Muy alta	Alta	-10

Tabla 12

Puntuaciones para evaluar la Importancia del Impacto

IMPORTANCIA		
Duración	Influencia	Puntuación
Temporal	Puntual	1
Media	Puntual	2
Permanente	Puntual	3
Temporal	Local	4
Media	Local	5
Permanente	Local	6
Temporal	Regional	7
Media	Regional	8
Permanente	Regional	9
Permanente	Nacional	10

Posteriormente, según explican Conesa Fernández Vítora et al., (2015), una vez asignadas las puntuaciones a cada interacción se calcula el producto de la importancia por la magnitud y se estima la sumatoria de los valores positivos y negativos, por separado. Los resultados por fila corresponden a la influencia de las actividades para cada factor ambiental, representado su fragilidad ante los procesos. Mientras que, la suma por columnas indica una estimación del efecto de cada acción en el medio, es decir, su agresividad (Coria, 2008). Los resultados fueron validados a juicio de dos expertos en el ámbito ambiental y miembros técnicos del Grupo ECI.

4.7 Identificación de Estrategias

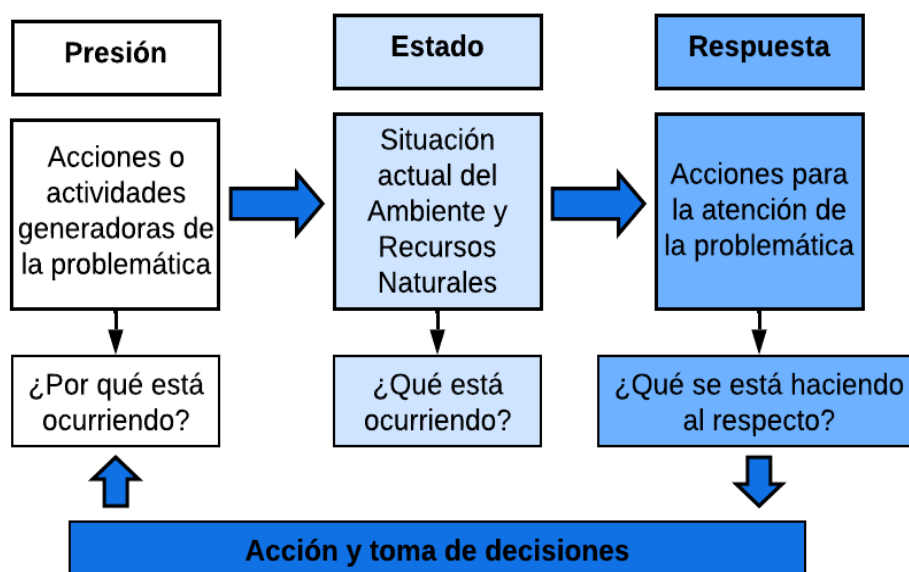
Después de definir las actividades que causan impactos ambientales se realizó la identificación de estrategias, en busca de mejorar el desempeño de los procesos de

aprovechamiento de los residuos de caucho en el ámbito ambiental, y de esta manera, se pueda aminorar los efectos negativos de las actividades sobre el entorno. En marco de lo mencionado, se ha optado por identificar estrategias a partir de una revisión bibliográfica relacionada a la gestión y aprovechamiento de residuos de caucho, con especial atención a aquellos que comparten características con el caso local.

Así también, se construyó una matriz tomando como base el Modelo de Presión-Estado-Respuesta (PER), una técnica ideal para la definición de criterios e indicadores ambientales al simplificar la interpretación de las actividades que están influyendo en el estado del ambiente permitiendo dar una respuesta apropiada para abordarlas (Waheed et al., 2009). La Figura 12 representa un esquema de la metodología PER basada principalmente en la causalidad de las acciones, que a pesar de demostrar simplicidad representa una herramienta de gran utilidad en el estudio de las relaciones entre las actividades humanas y el estado del ambiente (Vázquez-Valencia & García-Almada, 2018).

Figura 12

Esquema de Modelo PER



Nota. Adaptada de “Indicadores PER y FPEIR para el análisis de la sustentabilidad en el municipio de Cihuatlán, Jalisco, México”, por Vázquez-Valencia & García-Almada, 2018.

(<https://www.redalyc.org/journal/859/85955159001/html/>). Obra de Dominio Público.

4.8 Validación de Estrategias

Es importante conocer la efectividad de aplicación y adaptabilidad al contexto local de las estrategias identificadas, las cuales fueron evaluadas a nivel conceptual por un equipo técnico conformado por los expertos en sus respectivas áreas de trabajo, presentados en la Tabla 13. Se buscó trabajar con personas expertas en el tema a tratar, por esta razón fueron contactos, el Ing. Juan Pablo Vega, técnico en EMAC EP y coordinador del programa de recolección de NFU dentro de la ciudad. El Ing. Stalyn Macías, técnico en SEGINUS, una de las organizaciones encargadas de la gestión de NFU a nivel nacional. Por último, el Sr. Jorge Saquipay, considerado un actor clave en la presente validación pues desempeña el papel de artesano del caucho y conoce de primera mano el contexto local del aprovechamiento de NFU realizado por el grupo investigado, además de ser miembro de una de las asociaciones identificadas.

Tabla 13

Equipo técnico de expertos

Profesión	Nombre	Ocupación actual
Ingeniero Civil	Juan Pablo Vega	Técnico de Reciclaje en la EMAC EP
Ingeniero Ambiental	Stalyn Macías	Coordinador de Operaciones en Corporación SEGINUS
Artesano	Jorge Saquipay	Artesano del caucho, miembro de la ASORECAU

La dinámica trabajada con los expertos fue con base en el método Delphi, esta técnica aborda a los participantes del grupo mediante un proceso de guía, análisis y supervisión de manera que la información fluya satisfactoriamente, dando paso acertadamente a la recepción de retroalimentación, un aspecto esencial para la interpretación de resultados de la validación (Varela-Ruiz et al., 2012).

La validación de las estrategias formuladas se realizó usando una herramienta de evaluación con tres criterios: Adecuación, Factibilidad y Aceptabilidad. Planteados para que durante el proceso los expertos asignen una calificación a cada criterio. La valoración cuantitativa se hace con una escala ascendente del 1 al 5, siendo 1 la calificación mínima y 5 la máxima, como se explica en la Tabla 14 (Sananes Zrihen, 2016).

Tabla 14

Criterios de evaluación de estrategias

Criterio	Calificación
<p style="text-align: center;">Adecuación:</p> <p>Busca comprobar la correspondencia entre las estrategias y la problemática identificada. Sirve para verificar la pertinencia de la estrategia frente a los objetivos planteados.</p>	Muy adecuada 5
	Adecuada 4
	Regularmente adecuada 3
	Poco adecuada 2
	Nada adecuada 1
<p style="text-align: center;">Factibilidad:</p> <p>Analiza cómo se desempeñará la estrategia en la práctica y evalúa la viabilidad de su implementación, los recursos disponibles y las capacidades requeridas para el éxito de la estrategia.</p>	Muy factible 5
	Factible 4
	Regularmente factible 3
	Poco factible 2
	Nada factible 1
<p style="text-align: center;">Aceptabilidad:</p> <p>Evalúa si los resultados de adoptar una estrategia son admisibles. Este es un criterio subjetivo, ya que está muy vinculado con los objetivos de los actores que intervienen en la problemática.</p>	Muy aceptable 5
	Aceptable 4
	Regularmente aceptable 3
	Poco aceptable 2
	Nada aceptable 1

Para la valoración se diseñó una matriz de validación en donde en filas se enlistó las estrategias identificadas, mientras que las columnas corresponden a los criterios a evaluar.

Tras llevar a cabo las validaciones de cada experto, se calculó el promedio de cada criterio de las respectivas estrategias y se determinaron las estrategias con mayor puntaje.

5. Resultados

5.1 Aprovechamiento local de NFU

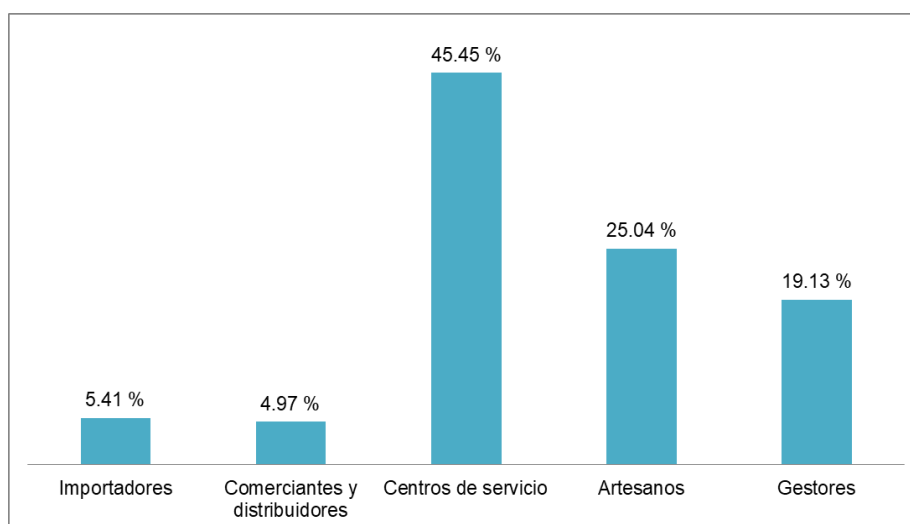
En Cuenca existe un importante movimiento de reciclaje de caucho con una red de adquisición y distribución a nivel local y nacional, realizado por un grupo grande de familias ubicadas en la zona de Narancay. Las actividades de aprovechamiento iniciaron aproximadamente hace tres generaciones de artesanos, cuando los habitantes del lugar decidieron aprovechar el caucho de neumáticos fuera de uso como material para elaborar artesanías y comercializarlas en el mismo lugar de elaboración hasta la actualidad y a su vez, comercializarlas fuera del cantón Cuenca. Con el paso del tiempo, más familias se unieron a estas actividades llegando a formar la Asociación de Artesanos Recicladores de Caucho Cuenca (ASORECAU).

Aunque en la actualidad la ASORECAU se encuentra formalmente disuelta por una resolución emitida por la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria (SEPS, 2020) que ha decidido cancelar su registro, los artesanos del caucho siguen realizando sus actividades laborales y se han organizado en dos agrupaciones: Procaucho y ASORECAU. Sin embargo, existen otros artesanos que no pertenecen a ninguna asociación y se reconocen a sí mismos, como independientes. De 33 artesanos identificados que laboran en Narancay, dos personas son *calificadas* y cuentan con una certificación ambiental, a las que el MAATE las reconoce oficialmente como gestoras ambientales, mientras que las restantes son *no calificadas*. Los NFU constituyen la principal materia prima para la elaboración de sus productos, los cuales inicialmente se obtenían de reencauchadoras, vulcanizadoras o tecnicentros locales, pero hoy en día, los artesanos del caucho se aprovisionan de neumáticos provenientes de la costa, sierra sur y oriente ecuatoriano.

Inicialmente, se consideraron a los actores de Fabricación, Importación, Distribución, Comercialización, Uso y Reutilización como fuentes proveedoras de NFU, ya que como se establece en el Acuerdo No. 098 son responsables de enviar los NFU a los gestores para garantizar una adecuada disposición final. Sin embargo, mediante un acercamiento con los Artesanos del Narancay se pudo conocer que, a partir del año 2020, no han recibido NFU de Continental Tires S.A., por lo que se descarta como una fuente. La Figura 13 representa el porcentaje de adquisición de NFU según cada fuente, en donde se visualiza que *centros de servicio* con la mayor fuente proveedora de NFU. Seguida de *artesanos*, es decir, existe un abastecimiento internamente de este material de unos artesanos a otros.

Figura 13

Porcentaje de adquisición de NFU según la fuente

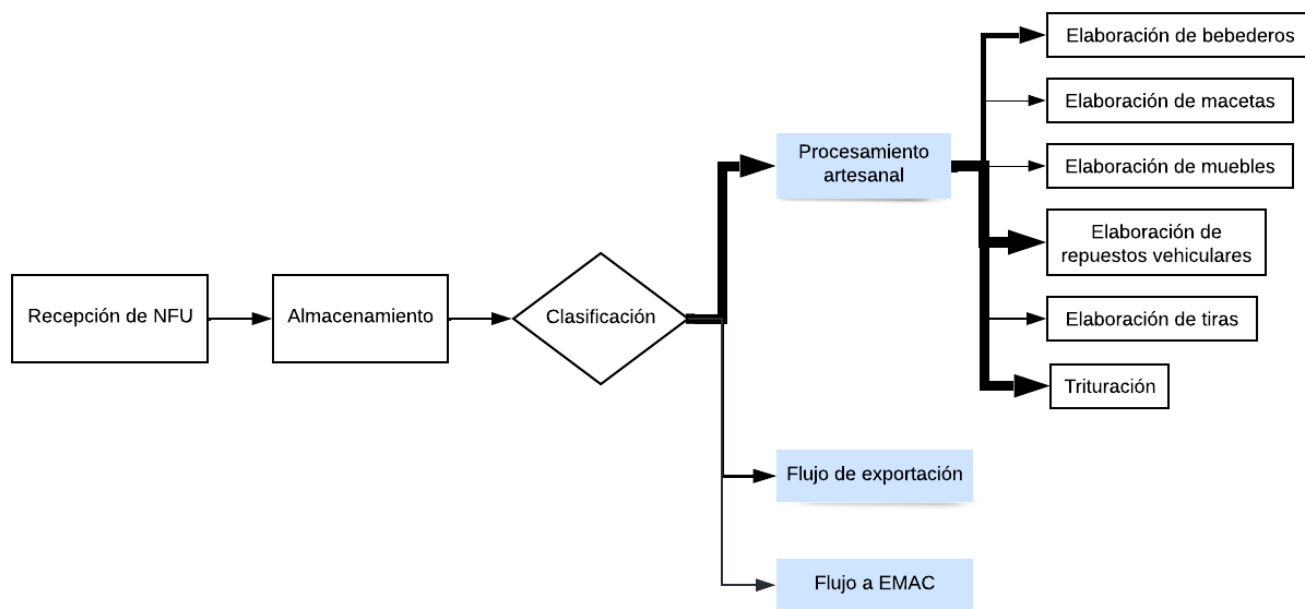


El manejo de NFU de los artesanos abarca dos líneas principales: el procesamiento de productos y la exportación de NFU. Se identificó un flujo adicional de entrega de NFU a la EMAC, pero este se produjo con regularidad solamente de julio a diciembre del 2021 como parte del programa de recolección diferenciada, promovido por dicha institución. Con respecto a la línea de procesamiento, se ramifica en canales destinados a la elaboración de una diversidad de productos como macetas, muebles, bebederos, tiras, triturado y una serie de repuestos de vehículos, tales como paquetes, amortiguadores, bases de suspensión y de motor, escapes, conos, peras, bridas, entre hojas, barras estabilizadoras, topes y templeones.

Un esquema general de las formas en que los Artesanos del caucho de Narancay aprovechan los NFU se muestra en la Figura 14.

Figura 14

Esquema del aprovechamiento de NFU por los Artesanos del caucho de Narancay



Nota: El tamaño de las flechas es proporcional al flujo aproximado de NFU destinados anualmente a la elaboración de los respectivos productos.

Los neumáticos receptados son convencionales y radiales de varios tamaños, los primeros son destinados principalmente a la fabricación de repuestos vehiculares y tiras, mientras que los radiales son aprovechados para la trituración y elaboración de las demás artesanías. La clasificación del uso de los NFU adquiridos se basa en los criterios de demanda de los productos, estado y tipo de neumático. Algunas artesanías tienen mayor demanda que otras, por lo tanto, se destina una importante cantidad de NFU a su elaboración, mientras otras, se elaboran solamente bajo pedido. En caso de que los NFU se encuentren en mal estado, por ejemplo, cortados o con una banda altamente deteriorada con el anillo de alambre expuesto, se consideran no aprovechables para manufactura y pasan a ser triturados. Estas fluctuaciones son importantes para el cálculo de los flujos de materiales y evitar hacer una sobrestimación o una subestimación. La variación porcentual mensual de NFU receptados, aprovechados y exportados estimada se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15

Variación porcentual mensual

	Variación porcentual mensual											
	jul. 2021	agt. 2021	sept. 2021	oct. 2021	nov. 2021	dic. 2021	en. 2022	feb. 2022	mar. 2022	abr. 2022	may. 2022	jun. 2022
NFUR receptados	3,07	-5,77	-4,30	-11,66	-11,66	-5,77	1,59	3,07	4,54	7,48	8,96	10,43
NFUC receptados	7,29	3,74	7,29	0,12	0,12	-1,62	-1,62	-3,43	-3,43	-3,43	-3,43	-1,62
Bebederos	17,15	10,05	6,50	6,50	-5,90	-5,90	-4,15	-13,00	-21,90	-5,90	-4,15	20,70
Macetas	-0,73	-0,73	40,15	-47,45	-47,45	25,55	-47,45	-47,45	-47,45	-47,45	110,22	110,22
Muebles	-50	-50	-50	200	200	50	-50	-50	-50	-50	-50	-50
Tiras	28,24	6,71	6,71	-1,72	-1,72	-1,72	-14,82	-14,82	-10,14	0,16	0,16	2,96
Trituración	-15,49	-15,49	-9,86	-7,04	-4,23	-7,04	7,04	9,86	7,04	11,27	11,27	12,68
Repuestos	-3,01	-13,42	-3,01	3,90	3,90	-8,25	10,81	3,90	3,90	3,90	3,90	-6,50
Flujo de exportación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo a EMAC	0	0	0	0	0	0	-100	-100	-100	-100	-100	-100

Estas variaciones dependen de factores como demanda, estación del año y disponibilidad de materia prima. En el caso del flujo de exportación, los artesanos refieren que es constante, por lo tanto, no se registran variaciones. Por otro lado, a la EMAC se enviaron unidades de NFU solamente los primeros seis meses del estudio. Para mayor detalle de las cantidades de NFU recolectadas, aprovechadas y exportadas, véase el Anexo 5.

Finalmente, se dedujo que, durante el año de estudio los artesanos del caucho de Narancay recibieron un total de 199 576 NFU, entre radiales y convencionales, lo que equivale a 2790,32 toneladas. De estos, aprovecharon 176 972 NFU, en la elaboración de distintos productos distribuidos como se muestra en la Tabla 16. Los procesos de fabricación de los mismos se presentan a continuación.

Tabla 16

NFU destinados a la elaboración de productos

	NFUR (U/año)	NFUC (U/año)	NFU totales por producto (U/año)
Macetas	410	0	410
Muebles	92	0	92
Repuestos vehiculares	0	17 879	17 879
Trituración	129 930	0	129 930
Bebederos	27 378	0	27 378
Tiras	0	1283	1283
Total de NFU	157 810	19 162	176 972

5.1.1 Macetas

Este producto es elaborado con NFU radiales de automóvil y camioneta, en su mayoría se elaboran bajo pedido, especialmente en los meses de mayo y junio, o tienen los productos como muestra. Su precio de venta varía entre \$10 a \$30, mismo que depende del

UCUENCA

tamaño de la artesanía. El proceso para la elaboración de macetas se esquematiza en la Figura 15 y en las Figuras 16 y 17, se muestran ejemplos del resultado final de este proceso.

Figura 15

Proceso de elaboración de macetas



Figura 16

Macetas colgantes



Figura 17

Macetas



5.1.2 Muebles

Es el producto menos comercializado y, por lo tanto, el canal al que menor cantidad de NFU se destinan, su baja demanda se debe al precio de venta de los mismos. Se estima que al año se elaboran 92 muebles (en juegos de dos o cuatro piezas), al igual que las

UCUENCA

macetas se realizan solamente bajo pedido. Su proceso de elaboración se muestra en la Figura 18.

Figura 18

Proceso de elaboración de muebles



5.1.3 Repuestos vehiculares

Los repuestos vehiculares son uno de los productos con mayor demanda, su mercado además del local, incluye a otras provincias en la costa, sierra y oriente del país. La parte del neumático aprovechada para su elaboración es la banda de rodadura y se seleccionan solamente NFU convencionales, ya que su estructura interna no tiene alambre de acero y, por lo tanto, es más fácil de manipular y cortar. El proceso de elaboración de las diferentes piezas de repuestos vehiculares se presenta en la Figura 19. Este se realiza aleatoriamente, es decir, cuando tienen pedidos de compra siguen una línea de trabajo por tipo de producto, en otras ocasiones el repuesto es elaborado en respuesta a las necesidades del cliente en el momento de la adquisición.

Figura 19

Proceso de elaboración de repuestos vehiculares



Todos los repuestos vehiculares tienen el propósito de reducir la fuerza de impacto por el contacto entre las partes del vehículo, sin embargo, cada uno está diseñado para una parte específica del mismo, como se precisa a continuación.

a. Barras estabilizadoras

Como lo indica su nombre, este tipo de repuestos se ubican en los extremos de las barras estabilizadoras para evitar el desgaste en su estructura. Esta parte es uno de los

UCUENCA

componentes del sistema de suspensión del vehículo, su función es estabilizar y reducir el balanceo del automotor cuando gira o existe alguna irregularidad en el terreno, (Ibáñez, 2019).

Figura 20

Barra estabilizadora



b. Bases de suspensión

Estos repuestos también reciben el nombre de *espirales*, ya que precisamente se ubican entre los espirales y las bases de amortiguador de los vehículos. Están diseñadas para absorber los movimientos entre el chasis y los amortiguadores. Por su función y su ubicación forman parte del sistema de suspensión.

Figura 21

Base de suspensión para autos



Figura 22

Base de suspensión para camionetas



c. Bases de motor

Son unas de las piezas del sistema de suspensión del vehículo, son el punto de conexión entre el motor y el chasis. Una base de motor da el soporte al motor y contribuye a

UCUENCA

la alineación del tren motriz, esta pieza está constituida por una parte metálica y una de caucho (Rodríguez, 2020).

Esta parte de caucho fabricada por los artesanos contribuye a reducir las vibraciones y movimientos causados por los motores cuando están funcionando, de esta manera se previene el desgaste o rotura de las piezas.

Figura 23

Bases de motor



d. Topes

Estas piezas tienen la función de resistir el impacto causado en caso de un choque, son diseñadas especialmente para vehículos pesados. Evitan la generación de daños significativos tanto en el vehículo como en la otra estructura.

Figura 24

Tope



e. Bridas

Se colocan en los extremos de las manguetas del automóvil para evitar el desgaste de las piezas en contacto. Las manguetas son los elementos que unen los sistemas de suspensión y de dirección, pues se colocan en las ruedas y conectan los bujes con los neumáticos (Macuil, 2021).

Figura 25

Brida



f. Templadores

Se los ubica en los ejes a la altura de los neumáticos para contribuir a la alineación de los mismos.

Figura 26

Templadores



g. Paquetes

Estas piezas son colocadas especialmente en la parte trasera de los vehículos, su función es evitar el desgaste por el contacto entre el buje y las hojas del resorte.

Figura 27

Paquetes



h. Entre hojas

Un resorte de hojas es una pieza del sistema de suspensión de los vehículos utilizado para sostener el eje y absorber los impactos provocados por el movimiento del vehículo, está hecho de un conjunto de láminas de acero que actúan como unidad (Spiegato, 2021).

Los repuestos elaborados por los artesanos se colocan entre las láminas u hojas de acero para amortiguar los golpes y evitar su desgaste.

Figura 28

Entrehojas



i. Conos

Estas piezas se diseñan especialmente para camionetas, se colocan entre el eje del neumático y las pailas para reducir el impacto por el choque entre estas partes.

Figura 29

Conos



j. Amortiguadores

Los amortiguadores artesanales se encuentran en los ejes delanteros del vehículo, se colocan entre los neumáticos y el chasis para absorber los golpes producidos por la circulación del vehículo.

Figura 30

Amortiguador



k. Peras

Estas piezas conectan el plato de los neumáticos y la estructura del chasis, al igual que los amortiguadores su función es absorber los impactos de los movimientos.

Figura 31

Pera



l. Escapes

Cuando el motor del vehículo está prendido, el escape produce vibraciones las cuales pueden ser reducidas con este tipo de repuestos, evitando el desgaste de la estructura. Son colocados precisamente entre el escape y el chasis del vehículo.

Figura 32

Escapes



UCUENCA

5.1.4 Bebederos

Su venta promedio al día es de aproximadamente 30 unidades, los NFU utilizados para su fabricación son principalmente radiales de automóvil y camión, aunque en escasas ocasiones se utilizan NFU de mayor tamaño. Sus principales clientes son los ganaderos y agricultores, quienes usan los bebederos como recipiente de agua o comida para el ganado. En la Figura 33 se ilustra este tipo de producto.

Figura 33

Bebederos



La fluctuación en su producción depende de la estación anual, en verano las ventas aumentan ya que son necesarios para almacenar agua para el ganado. El precio de venta es de \$4 a \$5 por unidad. El proceso empleado para la elaboración de bebederos se explica en la Figura 34.

Figura 34

Proceso de elaboración de bebederos



5.1.5 Tiras

Para la elaboración de este producto la mayoría de artesanos aprovechan principalmente la banda de los NFU, mientras más conservada sea, es mucho mejor ya que se puede obtener más tiras. Generalmente se utilizan NFU convencionales ya que al no tener anillo de alambre es más fácil de cortar y dividir. Como lo dice su nombre, se dividen en tiras de aproximadamente 4 cm de ancho, su grosor depende del estado del NFU, para posteriormente ser enrollados. En promedio, se puede obtener un rollo de 12 metros de un NFU, como se puede observar en la Figura 35. Solamente, tres de los nueve talleres identificados aprovechan también las paredes laterales de los NFU para la fabricación de tiras. El proceso de elaboración de las tiras es sencillo, consistiendo solamente en el corte que se realiza manualmente por los artesanos.

Figura 35

Rollos de tiras



Los propósitos de uso más comunes de las tiras son como sustituto de las sogas para el ganado o son tejidos para usarlos como cubrepisos de maquinaria pesada, mostrados en la Figura 36. Su precio es de \$1 a \$5 dependiendo el tamaño del rollo o de \$120 en el caso del cubrepisos tejido.

Figura 36

Cubrepisos para maquinaria pesada



5.1.6 Triturado

El segundo flujo más significativo de NFU es destinado a la trituración, para este proceso se utilizan máquinas artesanales con la capacidad de cortar los NFU radiales en fragmentos de caucho de aproximadamente 5x5 cm. Del grupo de artesanos, solamente dos poseen el equipo necesario para este procedimiento, sin embargo, están organizados de manera que los demás les envían NFU para que sean aprovechados de esta forma.

El producto de esta técnica es comercializado a cementeras, los artesanos aseguran que esta era una práctica bastante rentable hasta antes de la pandemia en 2020, pero que se vieron afectados por la paralización de labores en la misma. Fue desde julio de 2021 que el comercio de material triturado volvió a iniciar, se estima una producción de aproximadamente 5 t/día para dicho año, cuyo precio varía de \$40 a \$45 por tonelada. El proceso para la trituración se presenta en la Figura 37.

Figura 37

Proceso de trituración



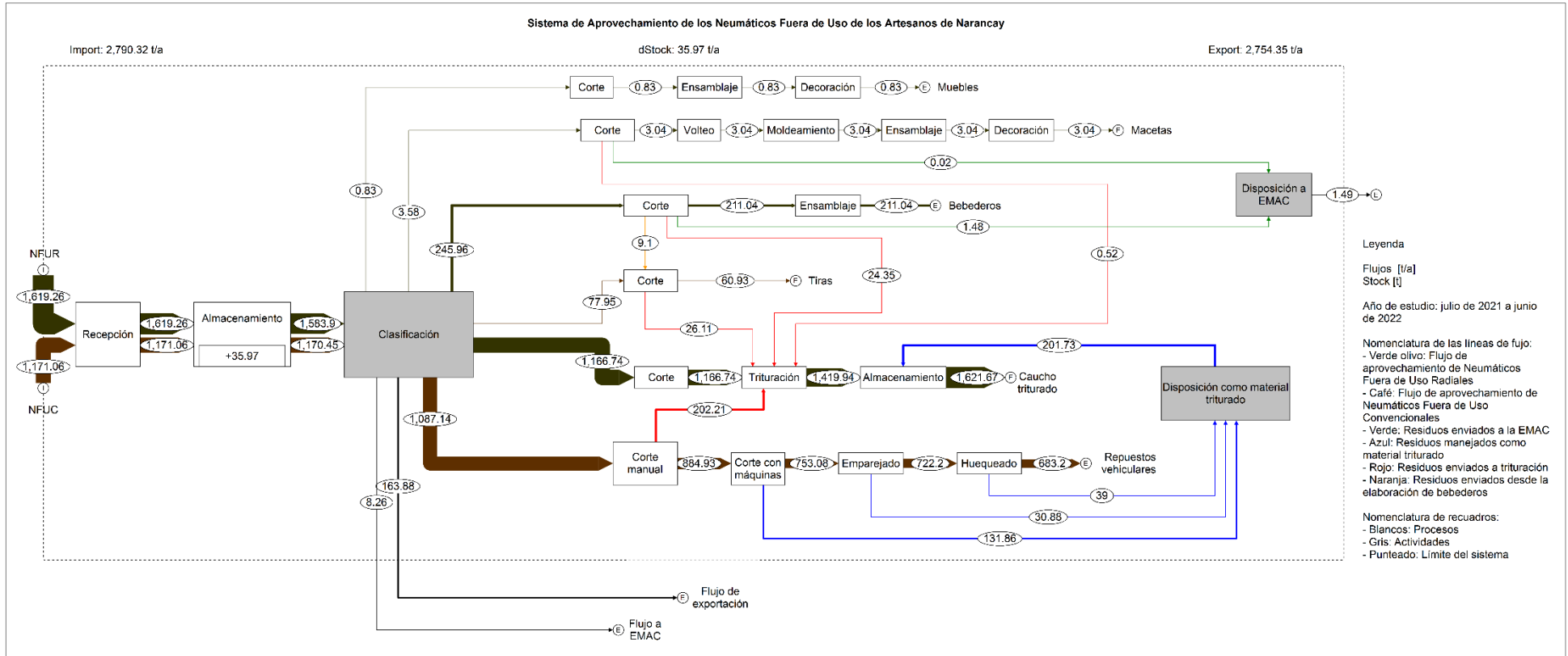
La elaboración de muebles y trituración son las únicas formas de aprovechamiento que no generan residuos; sin embargo, los remanentes de la elaboración de las otras artesanías también son enviados a trituración o son despachados directamente como material triturado, especialmente en el caso de los residuos del corte con máquinas, huequeado y emparejamiento de los repuestos vehiculares.

5.2 Análisis de Flujo de Materiales

Se estima que los Artesanos del caucho Narancay manejan una entrada al sistema estudiado de 2790,32 t/año de NFU. La Figura 38 es una representación del MFA calculado a nivel de materiales, específicamente NFU. En este diagrama se detallan las entradas y salidas de cada flujo en toneladas durante el periodo anual investigado. Se estima que el 93,76 % de la entrada total de NFU al sistema se destinan al procesamiento artesanal. De este porcentaje el 42,36 % son usados para trituración, 39,47 % para la elaboración de repuestos vehiculares, siendo estos los flujos más relevantes en cuanto a aprovechamiento de NFU. A estos, les suceden los flujos de bebederos (8,93 %), tiras (2,83 %), macetas (0,13 %) y muebles (0,03 %). Del porcentaje restante se estima que el 5,95 % se exportaron hacia el Perú y el 0,29 %, se entregaron a EMAC.

Figura 38

Análisis de Flujo de Materiales del Sistema de Aprovechamiento de los NFU de los Artesanos de Narancay



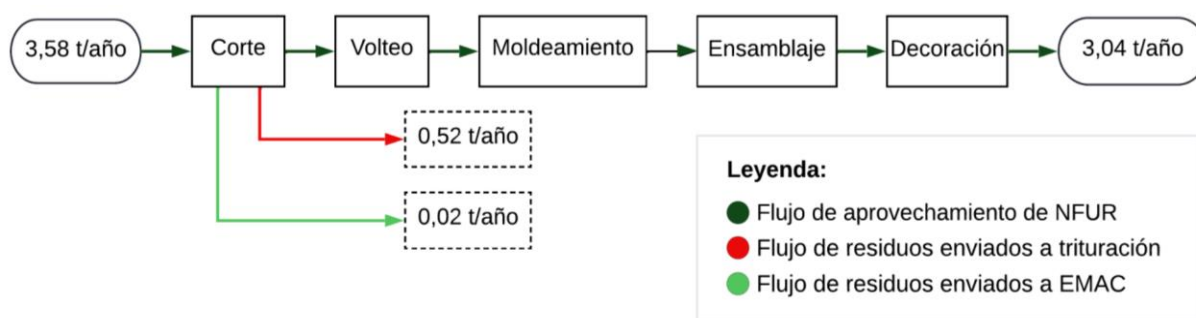
Para una mejor comprensión de los resultados del cálculo de balance de masas, a continuación, se presentan esquematizados por productos, con sus respectivos flujos de entradas y salidas, obviando las fases de recepción/recolección y almacenamiento de NFU, ya que estas son generales para el sistema.

5.2.1 Flujo de Elaboración de Macetas

Se estima que en la elaboración de macetas se destinan 3,58 t/año de NFU, de las cuales se aprovecha el 85 %. El porcentaje restante corresponde a los residuos generados durante el corte de las paredes laterales del NFU y son enviados, el 14,5 % a ser aprovechado en trituración y el 0,5 % a ser recolectado por la EMAC. Al ser un producto de baja demanda, los flujos de residuos durante el periodo de estudio son reducidos en comparación a los de otras artesanías, como se observa en la Figura 39.

Figura 39

Flujo de elaboración de macetas

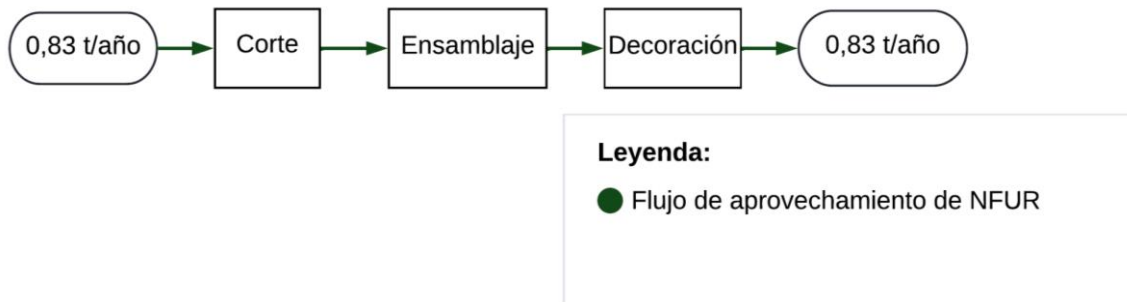


5.2.2 Flujo de Elaboración de Muebles

En este caso, la cantidad de residuos generada durante la elaboración de muebles es mínima, debido a que el fin del proceso de cortado es exclusivamente para el diseño del mueble que aprovecha la mayoría del NFU, por lo que se considera despreciable. El flujo de entrada de 0,83 t/año de NFU es aprovechado en su totalidad para la elaboración de muebles, como se muestra en la Figura 40.

Figura 40

Flujo de elaboración de muebles

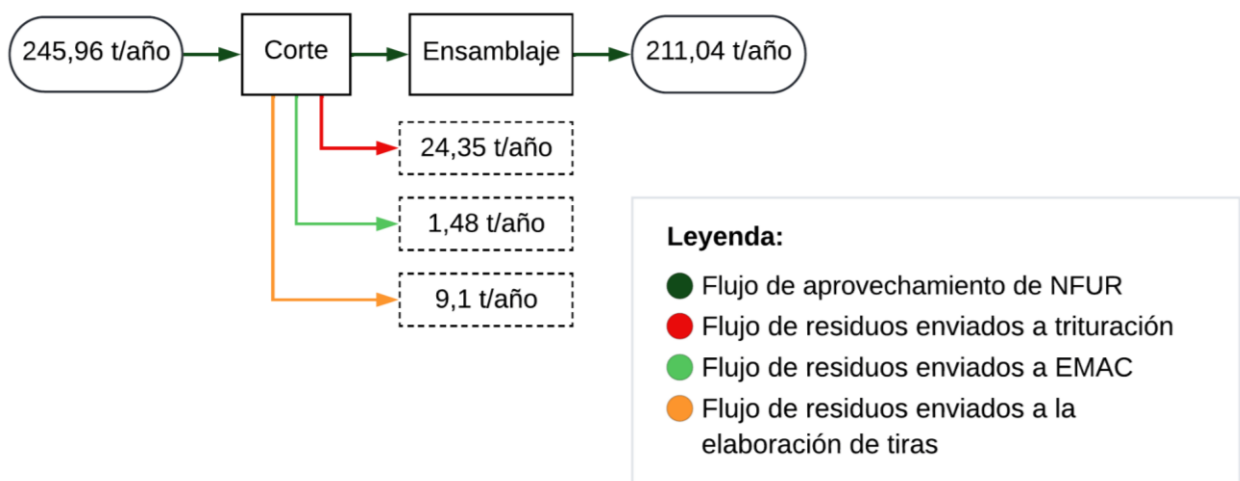


5.2.3 Flujo de Elaboración de Bebederos

El flujo de entrada a la elaboración de bebederos es de 245,96 t/año lo que indica que es el tercer producto al que mayor cantidad de NFU se destinan. La Figura 41 indica que el 85% de la materia prima que ingresa al proceso es aprovechado en la fabricación de bebederos, mientras que el 9.9 % se envía a trituración, el 3,69 % a la elaboración de tiras y el 0,59 % a EMAC. Cabe recalcar que, no todos los artesanos aprovechan estos residuos para la elaboración de tiras, los que sí lo hacen representan el 33,3 %.

Figura 41

Flujo de elaboración de bebederos

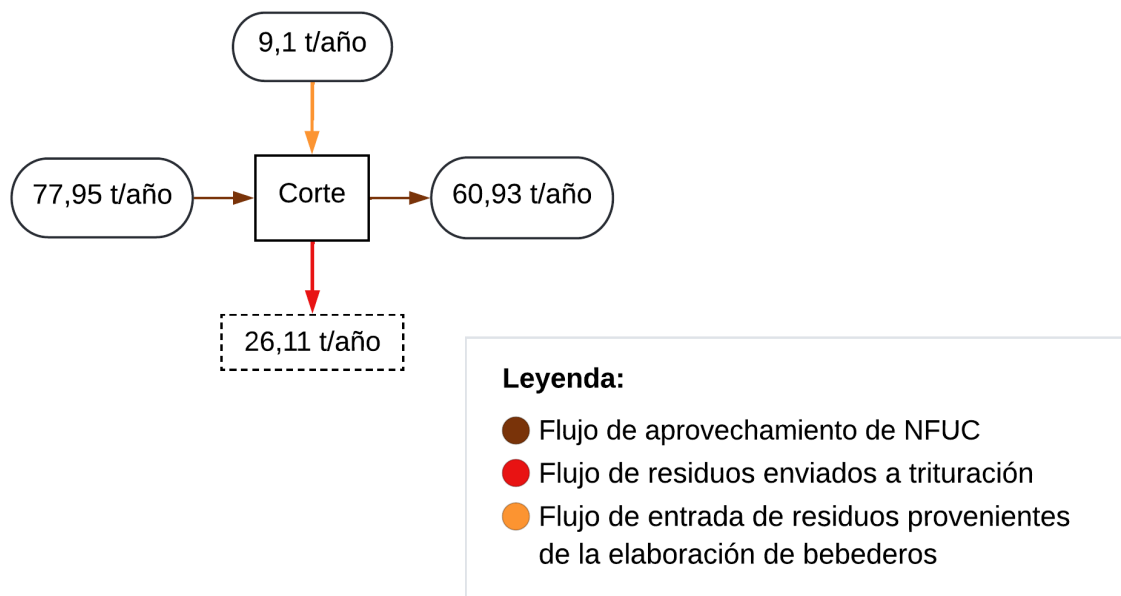


5.2.4 Flujo de Elaboración de Tiras

Durante la elaboración de tiras se produce una cantidad de residuos casi equiparable a la generada en los bebederos, esto se debe al considerable porcentaje de NFU que se descarta en el proceso, siendo este el 30 %. Sin embargo, existe un flujo de reutilización de residuos provenientes precisamente de la elaboración de bebederos, lo que aporta con materia prima que al final resulta en 60,09 t/año de producto terminado, como se muestra en la Figura 42.

Figura 42

Flujo de elaboración de tiras



5.2.5 Flujo de Elaboración de Repuestos Vehiculares

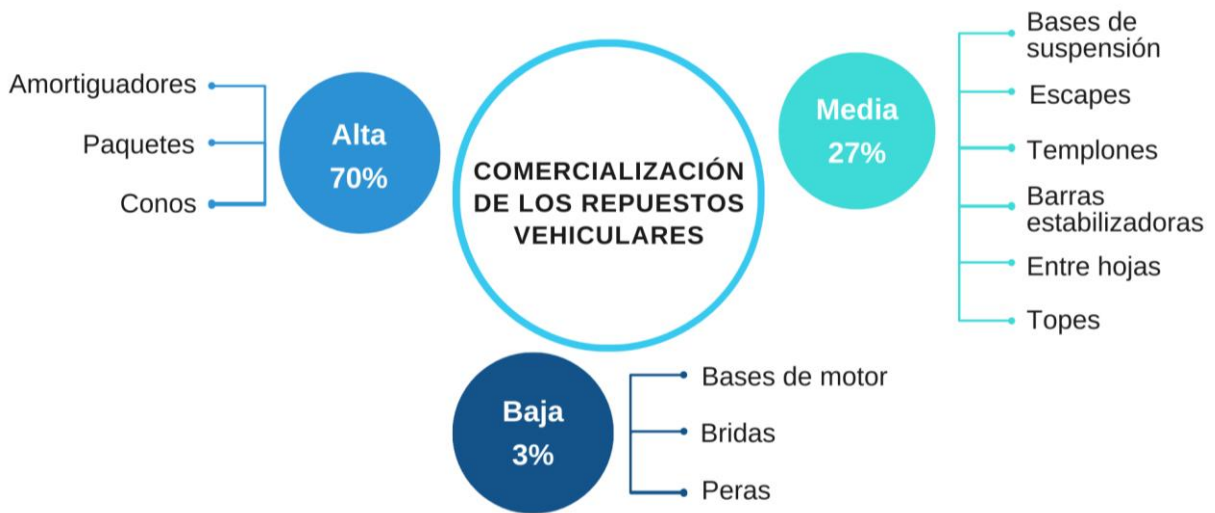
El flujo de entrada a repuestos vehiculares es el segundo más significativo, las 1087,14 t/año son aprovechadas para la elaboración de 12 tipos de piezas. De acuerdo a la información disponible se estimó una variación en la comercialización de los repuestos, la misma que se representa en la Figura 43, e indica que los tres productos de mayor mercado son los paquetes, conos y amortiguadores, seguidos por las barras estabilizadoras, entre

UCUENCA

hojas, templones, bases de suspensión, topes y escapes, con una comercialización media. Finalmente, las bases de motor, bridas y peras, se consideran de comercialización baja.

Figura 43

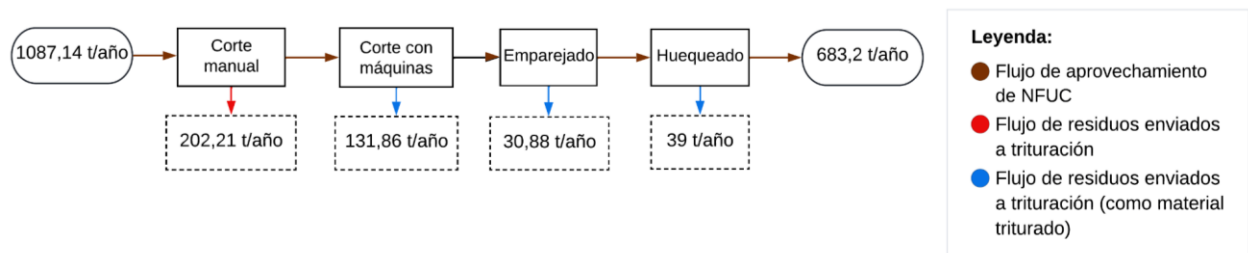
Comercialización de repuestos vehiculares



Como se observa en la Figura 44, los residuos generados durante la elaboración de los repuestos tienen dos opciones de distribución, aquellos que son producidos en el corte manual se envían a trituración y representan un flujo de 201,21 t/año. Por otro lado, los residuos del corte manual (131,98 t/año), emparejado (30,88 t/año) y huequeado (39 t/año) son enviados al flujo de trituración pero como producto triturado, dispuesto para comercializar.

Figura 44

Flujo de elaboración de repuestos vehiculares

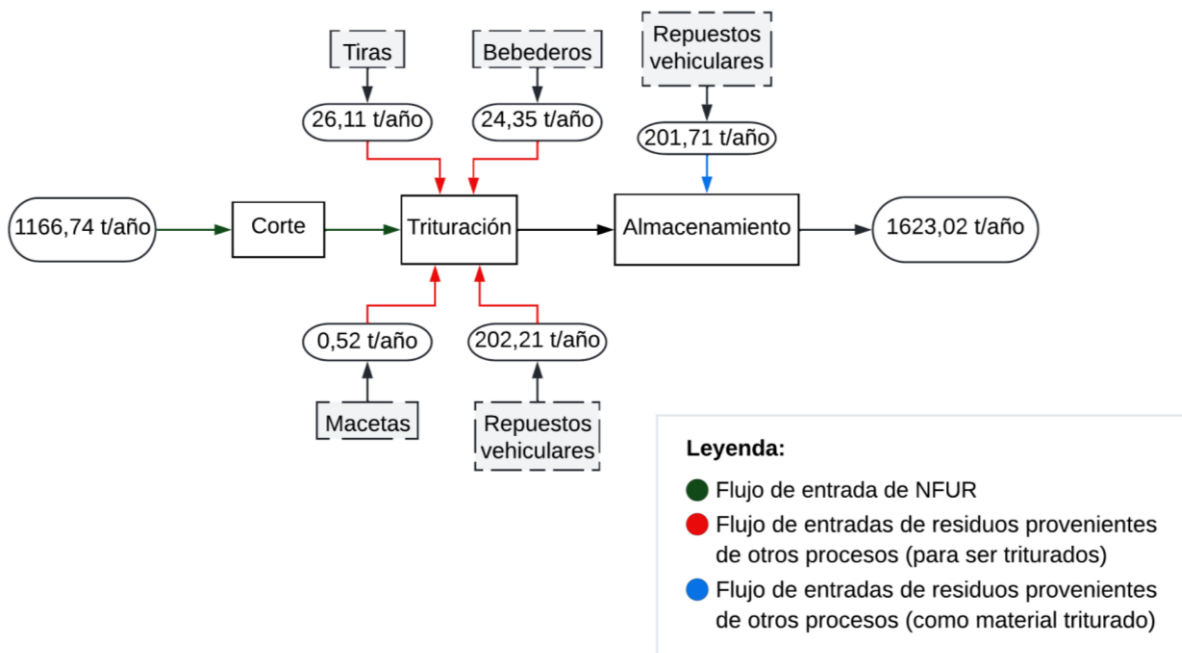


5.2.6 Flujo de Elaboración de Material Triturado

La trituración es el proceso que tiene el mayor flujo de entrada al ser de 1166,74 t/año de NFU, al que se le suman las entradas de residuos provenientes de otros procesos artesanales, tanto para ser triturados, así como residuos que pasan a ser material triturado. En suma, el flujo de salida es de 1621,67 t/año, convirtiendo lógicamente a este producto, en el de mayor comercialización.

Figura 45

Flujo de elaboración de triturado



5.2.7 Flujo a EMAC

La EMAC tiene un programa de recolección de NFU, prestos a la recuperación de NFU debido a su necesidad de cubrir el fondo del relleno sanitario en sus diferentes etapas (Arévalo et al., 2022). Durante los meses de junio a diciembre de 2021, la EMAC implementó el sistema de recolección diferenciada que consistió en la colecta de NFU de puntos identificados previamente, además de la recepción en el Relleno de Pichacay de este material que, los usuarios los entregaban directamente, pero de manera esporádica. Se ha estimado que los artesanos entregaron a la EMAC 8,26 t de residuos de caucho, las cuales fueron

recogidas de Narancay por un vehículo de uso específico para la recolección de NFU y para ser utilizados como base protectora de la geomembrana con el fin de evitar perforaciones o cortes en la misma.

5.2.8 Flujo de Exportación

A raíz de las visitas de campo y testimonios de artesanos, se conoció que existe un flujo de NFU hacia el Perú. Comerciantes peruanos realizan una visita cada dos semanas a Narancay para abastecerse de NFU, con el objetivo de llevarlos hacia el vecino país y venderlos como neumáticos reencauchados, ya que en este lugar la legislación para el manejo de los mismos es menos estricta que en Ecuador y un neumático que aquí se consideraría fuera de uso, allá se puede seguir utilizando para el rodaje de los automóviles. En el cálculo de balance de masas se determinó que se enviaron un total de 163,88 t/año; sin embargo, se considera que la cifra puede ser mayor pero que no es registrada debido a que la comercialización de residuos especiales a otros países es una práctica ilegal.

5.3 Identificación de Actividades Generadoras de Impactos Ambientales

Con base en el MFA y el análisis de los respectivos flujos de entradas y salidas de cada proceso, los impactos ambientales negativos identificados por actividad mediante la matriz de Leopold más significativos son en primera instancia, el acopio de NFU, por las toneladas de NFU receptadas y almacenadas en espacios con falta de infraestructura y acondicionamiento apropiado para el depósito de este material. Le siguen los procesos de corte de bebederos, tiras y repuestos vehiculares, debido a la cantidad de generación de residuos siendo este el factor ambiental más influenciado, seguido por la salud y seguridad ocupacional, ya que, los artesanos carecen de conocimiento sobre técnicas de trabajo seguras que buscan precautelar su seguridad, como se puede observar en el Anexo 7. También se considera importante el transporte de NFU en busca de la optimización del mismo, para reducir la emisión de gases producto del uso de combustibles fósiles para el funcionamiento de los camiones empleados en la recolección. Los procesos de elaboración

UCUENCA

de macetas y muebles, son los que menor alteración causan debido a que las entradas y salidas de material a estos flujos son las menores de todo el MFA, considerando que son los productos con menor demanda.

En cuanto a los impactos positivos, se reconoce que la comercialización de la mayoría de los productos tiene un impacto ambiental positivo importante pues inciden en los factores de empleo, comercio e industria al dinamizar la economía local y, sobre todo, al ser el medio de sustento para las familias de los artesanos. Las demás actividades también tienen un impacto positivo con respecto a este aspecto por el mismo motivo, aunque en menor escala debido a que se realizan en menor frecuencia o tienen menor influencia. En el caso del envío de NFU a la EMAC, tiene una valoración positiva pues incide indirectamente en la eficiencia del relleno sanitario de Pichacay, al ser utilizados como base para la protección de la geomembrana. Los resultados obtenidos de esta identificación se pueden observar con detalle en el Anexo 8b.

5.4 Identificación de Estrategias para Mejorar el Desempeño Ambiental del Aprovechamiento de NFU

El modelo PER facilita la comprensión de las actividades generadoras de los impactos, que causan en el medio ambiente, por qué se producen y cuáles han sido las decisiones tomadas hasta el momento respecto a estas. En la Tabla 17 consta la matriz construida para el reconocimiento de estrategias con base en los resultados referidos anteriormente en el apartado 5.3.

Tabla 17

Estrategias identificadas

Proceso	Presión	Estado	Respuesta	Datos cuantitativos	Estrategia	Descripción de la estrategia	Condiciones de las estrategias
Gestión artesanal de NFU	Actividades de gestión (transporte, aprovechamiento, almacenamiento y trituration de NFU) de NFU no reguladas por la normativa legal ecuatoriana	De 33 artesanos identificados, dos son gestores ambientales de NFU certificados por el MAATE, mientras que los 31 restantes realizan sus actividades sin regulación alguna. Por lo tanto, no se cuenta con información oficial de la cantidad de NFU gestionada.	Hasta la fecha del levantamiento de información no se ha logrado solventar las limitaciones del estado.	- Dos artesanos certificados - 31 artesanos no certificados - Siete talleres adquieren los NFU mediante compra y dos por donación.	Regularización de las actividades para la gestión artesanal de NFU.	- Se propone que en colaboración con las autoridades de regularización se pueda otorgar una alternativa simplificada a la certificación ambiental a los artesanos que les permita desarrollar la gestión artesanal de NFU. Bajo la condición de cumplir con requerimientos indispensables como un registro de las actividades artesanales, un acopio de NFU apropiado. - Mediante la regularización de las actividades artesanales facultar a los artesanos la emisión de certificados de gestión a los actores de la cadena de valor de los NFU de quienes reciban este material. Entre los beneficios de esta alternativa está: i) Una facilitación para el cumplimiento de gestión de NFU establecido en el Acuerdo 098 para los actores de la cadena de valor. ii) La construcción de un plan de gestión de información de NFU en el cantón para las autoridades reguladoras.	Condiciones legales: El Acuerdo Ministerial No. 061, (2015) estipula que: - Las personas exportadoras deben contar con los permisos respectivos conforme a lo establecido en la legislación. Otra condición que estipula el Acuerdo es que cualquier movimiento transfronterizo de residuos especiales debe ser aprobado por la Autoridad Ambiental tanto del país exportador como del importador. - Es responsabilidad de la autoridad competente elaborar, mantener y difundir una base de datos de quienes participen en cualquier fase de la gestión de residuos especiales. Así como coordinar un sistema de seguimiento sobre el manejo de estos residuos.
					Creación de un Sistema de Información de Gestión de NFU.	Se propone la creación de un Sistema de Información de Gestión de NFU a nivel del cantón Cuenca, en el cual conste información de: - Registro de artesanos que conforman cada organización. - Datos de las fuentes proveedoras de NFU dentro y fuera de la ciudad a las que se denominará fuentes internas y fuentes externas, respectivamente. - Datos de la cantidad de NFU receptados de cada fuente. - Datos de la cantidad de productos elaborados. - Datos de la cantidad de productos vendidos.	El establecimiento de normativas legales influye en el reciclaje y permite realizar una evaluación y análisis de la efectividad de la metodología empleada durante el aprovechamiento de los materiales (Sebola et al., 2018).
		Se estimó, con información no oficial, que en el año de estudio los artesanos del caucho comercializaron 163,88 t de NFU hacia Perú.	Hasta la fecha del levantamiento de información no se ha logrado solventar las limitaciones del estado.	- 163,88 t de NFU comercializadas hacia Perú (estimación).	Monitorización de las actividades de gestión artesanal de NFU.	- Monitorización de las actividades realizadas tanto por los distribuidores, comercializadores y centros de servicio; como por los artesanos registrados en el Sistema de Información de Gestión de NFU, para controlar, limitar la venta ilícita de NFU y tener cifras más certeras sobre la gestión artesanal.	Condiciones sociales: - Con la regularización y registro de las actividades de todos los actores en un mismo organismo, se compromete a las partes a cumplir con una gestión apropiada de NFU y los responsabiliza a llevar un registro (Álvarez García, 2019; Jacob et al., 2014). - La organización del sector del reciclaje influye en la potenciación de las actividades de aprovechamiento, elevando el valor de los productos (Wilson et al., 2006).

UCUENCA

Proceso	Presión	Estado	Respuesta	Datos cuantitativos	Estrategia	Descripción de la estrategia	Condiciones de las estrategias
Recepción/ Recolección de NFU	Transporte para el abastecimiento de NFU	Los artesanos se abastecen de NFU dentro y fuera de la ciudad de Cuenca, para esto deben contratar un servicio de transporte que semanalmente recorre distancias considerables hasta la mayoría de fuentes proveedoras ubicadas en la costa ecuatoriana, en ciudades como Manta, Machala, Guayaquil, entre otras; lo que conlleva el uso de combustibles fósiles para su desplazamiento y, por tanto, emisión de gases y material particulado.	Hasta la fecha del levantamiento de información no se ha logrado solventar los impactos del estado.	Se estimó que en el año de estudio los artesanos recibieron 2790,32 t de NFU.	Mejoramiento de la logística de recolección de NFU.	Hacer un mapeo inicial de las fuentes proveedoras dentro de la ciudad, coordinando con ellas una logística de recolección. De forma que cuando éstas hayan alcanzado un stock determinado, se organice los días y las rutas de recolección, optimizando el tiempo, la distancia recorrida y, por tanto, el uso de combustible. Para esta optimización de la logística se puede emplear el algoritmo de ahorro de Clarke y Wright (Aranda Usón et al., 2012), que considera la ubicación entre las fuentes y el depósito. Se ha comprobado una reducción de la distancia total recorrida mediante este método.	<p>Condiciones ambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reducción de uso de combustibles fósiles - Reducción de emisiones de gases y material particulado (Aranda Usón et al., 2012). <p>Condiciones económicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Minimizar los costos operativos por la reducción de distancia recorrida y, por lo tanto, uso del combustible.

Procesos	Presión	Estado	Respuesta	Datos cuantitativos	Estrategia	Descripción de la estrategia	Condiciones de las estrategias
Almacenamiento	Acopio de NFU	<p>De los nueve talleres identificados, dos cuentan con bodegas de almacenamiento que cumplen con algunas de las medidas necesarias para manejar el volumen de material recibido para que no representen un riesgo para la salud humana, ya que pueden prestarse a funcionar como criaderos de roedores, mosquitos y otros vectores.</p>	<p>Las autoridades municipales encargadas del ordenamiento territorial han emitido comunicados y sanciones económicas a cada taller por el depósito de los NFU, ya que además de tener un almacenamiento o inapropiado, Narancay está clasificada como zona Residencial y al ser residuos especiales deben ser almacenados en una zona de uso Industrial.</p>	<p>- Se estimó que en el año de estudio los artesanos recibieron 2790,32 t de NFU. - Los artesanos mantienen un stock mensual de 35,97 t. - Solo dos talleres cuentan con bodegas cubiertas para el almacenamiento de los NFU.</p>	Implementación de centros de acopio de NFU, con infraestructura que cumpla con las medidas dispuestas legalmente (Acuerdo 098) para el manejo de estos residuos.	<p>Trabajar en la construcción y adecuación de centros de acopio para las dos organizaciones de artesanos, de modo que las infraestructuras cumplan con las condiciones de almacenamiento específicas para prevenir riesgos de seguridad y salud.</p>	<p>Condiciones legales: Según lo establecido en el Acuerdo Ministerial No. 098, (2015) un centro de acopio de NFU debe contar con las siguientes especificaciones: - Una cubierta para proteger los NFU de los rayos UV que pueden restar calidad al caucho. - A pesar de tener una cubierta protectora, los NFU no deben ser acopiados al aire libre. Lo ideal es hacerlo en un espacio con un entorno controlado, libre de humedad y alejados de cualquier fuente de calor que puedan causar incendios. - Deben ser apilados en una columna vertical de altura moderada para evitar riesgos para los trabajadores. - Debe contar con una salida y un plan de contingencia en caso de emergencias. Así, también con extintores al alcance de los trabajadores.</p> <p>Condiciones ambientales: - Reducir los riesgos a la salud causados por los vectores a desarrollarse en caso de dar una mala disposición a los NFU. - Prevenir la contaminación visual causada por la acumulación de NFU en la vía pública.</p>
		<p>Existe una contaminación visual provocada por la acumulación de NFU en la vía pública.</p>					

Procesos	Presión	Estado	Respuesta	Datos cuantitativos	Estrategia	Descripción de la estrategia	Condiciones de las estrategias
Elaboración de repuestos vehiculares	Generación de residuos en el proceso de elaboración de repuestos vehiculares	De los nueve talleres identificados, siete cuentan con el proceso de elaboración de repuestos vehiculares, mismo que es poco tecnificado y genera aproximadamente un 37% de residuo por NFU procesado.	Hasta la fecha del levantamiento de información no se ha logrado solventar las limitaciones del estado.	Se estima que durante el periodo de estudio como producto del corte manual se generaron un total de 202,21 t de residuos, del corte con máquinas 131,86 t, del emparejado 30,85 t y del huequeado 39 t.	Implementación de maquinaria para prevenir y reducir la generación de residuos y mejorar el aprovechamiento de la materia prima.	<ul style="list-style-type: none"> - Implementación de maquinaria semiautomatizada para el corte de las paredes laterales del NFU, de fácil manejo y mantenimiento, como la diseñada por Quintanilla Salcedo, (2014). - Implementación de maquinaria diseñada especialmente para que realice cortes específicos de acuerdo al modelo del repuesto vehicular a elaborar. - Implementación de espacios organizados para la clasificación de residuos en función de su tamaño y su potencial reutilización en la elaboración de otros productos, por ejemplo, repuestos vehiculares de menor tamaño o material triturado. 	<p>Condiciones ambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prevenir y reducir la generación de residuos sabiendo que es una de las estrategias ambientales más de mayor nivel en la jerarquización de gestión de residuos (Segura et al., 2020). - Para el caso de los residuos cuya generación es inevitable debe buscarse la forma de reciclarlos, reutilizarlos y recuperar energía, evitando al máximo que sean dispuestos en vertederos (Martínez et al., 2005). <p>Condiciones económicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aprovechar mayor cantidad de materia prima para la elaboración de los productos. - Optimizar el tiempo de producción. <p>Condiciones sociales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Al implementar maquinaria que facilite el manejo de los NFU y minimice el esfuerzo físico del trabajador se reducen los riesgos de salud y seguridad laboral (Quintanilla Salcedo, 2014). - Mejoramiento de la calidad de los repuestos vehiculares, con lo cual, se fortalece su imagen comercial al público.
	Consumo de energía eléctrica en los procesos de corte y huequeado	Durante el corte y huequeado se usan tres máquinas, las cuales se estima que en el año de estudio consumieron 1449,64 kWh promedio por taller y se emplean en función de responder a una demanda y no de una programación de producción.	Hasta la fecha del levantamiento de información no se ha logrado solventar las limitaciones del estado.	El consumo eléctrico promedio de las máquinas de corte y huequeado es de 1449,64 kWh/año por taller.	Implementación de un plan de buenas prácticas ambientales para mejorar la eficiencia energética.	<p>El plan de buenas prácticas ambientales consiste en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La programación de elaboración de los productos con mayor demanda de forma que se optimice el consumo energético de las máquinas con un funcionamiento continuo. - Programación de mantenimiento que consistiría en la inspección del cableado eléctrico, rutinas de limpieza de las máquinas, monitoreo de las características de funcionamiento de las mismas, como vibraciones, potencia y medir el consumo eléctrico como indicador de la eficiencia energética. 	<p>Condiciones ambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reducir el consumo de energía eléctrica (Altman, 2018). <p>Condiciones sociales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con un mantenimiento e inspección regular se garantiza el funcionamiento seguro del sistema eléctrico.

Procesos	Presión	Estado	Respuesta	Datos cuantitativos	Estrategia	Descripción de la estrategia	Condiciones de las estrategias
Elaboración de bebederos	Generación de residuos de caucho	Se estima que se generaron 25,38 t/año de residuos de caucho durante los procesos de elaboración de bebederos, de estos, 1,48 t se enviaron a la EMAC.	Hasta la fecha del levantamiento de información no se ha logrado solventar las limitaciones del estado.	- 25,38 t de residuos de caucho en el proceso de corte. - 1,48 t fueron enviados al relleno sanitario de Pichacay.	Implementación de maquinaria para prevenir y reducir la generación de residuos y mejorar el aprovechamiento de la materia prima.	- Implementación de maquinaria semiautomatizada en el corte de la banda del NFU, de fácil manejo y mantenimiento, como la diseñada por Quintanilla Salcedo, (2014).	<p>Condiciones ambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prevenir y reducir la generación de residuos sabiendo que es una de las estrategias ambientales más de mayor nivel en la jerarquización de gestión de residuos (Segura et al., 2020). - Para el caso de los residuos cuya generación es inevitable debe buscarse la forma de reciclarlos, reutilizarlos y recuperar energía, evitando al máximo que sean dispuestos en vertederos (Martínez et al., 2005). <p>Condiciones económicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aprovechar mayor cantidad de materia prima para la elaboración de los productos. - Optimizar el tiempo de producción. <p>Condiciones sociales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Al implementar maquinaria que facilite el manejo de los NFU y minimice el esfuerzo físico del trabajador se reducen los riesgos de salud y seguridad laboral (Quintanilla Salcedo, 2014).

Procesos	Presión	Estado	Respuesta	Datos cuantitativos	Estrategia	Descripción de la estrategia	Condiciones de las estrategias
Elaboración de triturado	Almacenamiento de material triturado	Dos talleres realizan los procesos de trituración, quienes reciben los residuos de los demás talleres para ingresarlos al proceso o para comercializarlos como material triturado el cual es acumulado en sacos y cubiertos con un plástico para la protección contra la lluvia.	Hasta la fecha del levantamiento de información no se ha logrado solventar las limitaciones del estado.	Se estima que - 1166,74 t/año de NFU se enviaron a trituración. - 253,19 t/a de residuos de caucho de otros procesos fueron enviados para ser triturados. - 201,73 t/a de residuos de caucho generados en la elaboración de repuestos vehiculares se enviaron para ser comercializados como material triturado. - Se trituraron 4,5 t/día.	Implementación de contenedores para el almacenamiento del material triturado.	Trabajar en la adecuación de un almacén de material triturado para cada organización de artesanos, de modo que cumplan con las especificaciones de infraestructura adecuadas para el manejo de este tipo de residuos. Este almacén debe estar cubierto, en un ambiente seco, alejado de cualquier fuente de calor y contar con un plan de contingencia ante accidentes.	Condiciones legales: Al tratarse del mismo material que los NFU, considerado residuo especial se asume que las condiciones de almacenamiento deben ser similares. Por lo tanto, un espacio de almacenamiento de triturado debe contar con las siguientes especificaciones: - Una cubierta para proteger los NFU de los rayos UV que pueden restar calidad al caucho. - El almacenamiento debe ser en un espacio con un entorno controlado, libre de humedad y alejados de cualquier fuente de calor que puedan causar incendios (Acuerdo Ministerial No. 098, 2015).
	Limitada valorización del triturado	Los NFU son triturados en máquinas artesanales que solamente cortan el material, el mismo que es comercializado a Holcim para ser usado en coprocesamiento.	Hasta la fecha del levantamiento de información no se ha logrado solventar las limitaciones del estado.		Hacer un análisis costo-beneficio para la implementación de maquinaria de trituración para hacer una valorización completa de los materiales de los NFU.	Realizar un análisis de costo-beneficio para contemplar la factibilidad de potenciar la maquinaria de trituración con el objetivo de hacer una valorización completa de los NFU implementando tecnología a través de la cual se obtenga un triturado más fino, el cual se pueda tamizar y enviar a un bastidor magnético que extraiga el acero. Actualmente, este material puede ser utilizado en la fabricación de cemento para aumentar la resistencia del mismo. Así también, es comúnmente utilizado en la metalurgia para la composición y creación de nuevos aceros.	Condiciones ambientales: - En términos de la jerarquía de residuos, es preferible recuperar materiales de los NFU que recuperar energía (Jacob et al., 2014). - Reducir el consumo de energía eléctrica (Altman, 2018).
	Consumo de energía eléctrica	La maquinaria empleada en los procesos del triturado funciona con energía eléctrica y se calcula que en el año de estudio hubo un consumo de 939,58 kWh.	Hasta la fecha del levantamiento de información no se ha logrado solventar las limitaciones del estado.	El consumo eléctrico teórico de las máquinas de trituración fue de 939,58 kW/año.	Implementación de un plan de buenas prácticas ambientales para mejorar la eficiencia energética.	Igual que en el caso de los repuestos vehiculares, la alternativa aplicable en este caso sería un plan de buenas prácticas ambientales consista en: - La programación de elaboración del triturado de forma que se optimice el consumo energético de las máquinas con un funcionamiento continuo. - Programación de mantenimiento que consistiría en la inspección del cableado eléctrico, rutinas de limpieza de las máquinas, monitoreo de las características de funcionamiento de las mismas, como vibraciones, potencia y medir el consumo eléctrico como indicador de la eficiencia energética.	Condiciones sociales: - Con un mantenimiento e inspección regular se garantiza el funcionamiento seguro del sistema eléctrico.

Procesos	Presión	Estado	Respuesta	Datos cuantitativos	Estrategia	Descripción de la estrategia	Condiciones de las estrategias
Recolección, carga y descarga del medio de transporte, almacenamiento y procesamiento artesanal de NFU	Ausencia de prácticas salud y seguridad ocupacional	Durante las etapas de la gestión artesanal de NFU (recolección, carga y descarga del medio de transporte, almacenamiento y procesamiento artesanal), la mayoría de trabajadores no aplican buenas prácticas de salud y seguridad ocupacional, como por ejemplo, uso de equipo de protección, faja de levantar pesos o técnicas ergonómicas para manipular los NFU (véase el Anexo 7) cuyos pesos estimados en campo van desde los 4,5 kg a 148 kg.	Hasta la fecha del levantamiento de información no se ha logrado solventar las limitaciones del estado.	- Se identificaron 33 trabajadores artesanales - Laboran de 8 a 10 horas diarias; y, seis días a la semana.	Implementación de un plan de buenas prácticas, de salud y seguridad ocupacional para reducir los riesgos laborales a los que los artesanos están expuestos en su trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar una evaluación técnica de las condiciones de salud y seguridad ocupacional dentro de los talleres artesanales. - Una vez obtenido un diagnóstico del escenario, planificar y desarrollar capacitaciones a través de talleres sobre las técnicas de salud y seguridad ocupacional correspondientes a la labor que realizan los artesanos. - Adecuar los espacios de trabajo con infraestructura mobiliaria que proporcione las condiciones que prevengan los riesgos ergonómicos, de salud y seguridad ocupacional. 	<p>Condiciones legales: La Resolución CD 513 Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo está fundamentada en la acción preventiva que consiste en la identificación, medición, prevención y control de riesgos. Así como también en la información, formación, capacitación a los trabajadores y monitoreo de la salud de los mismos con respecto a los riesgos determinados (Carrillo Abril, 2018).</p> <p>Condiciones sociales: Aunque el reciclaje es una actividad que aporta al cuidado del ambiente representa también un riesgo laboral biomecánico para los practicantes de la misma, ya que puede llegar a causar lesiones o enfermedades ocupacionales por los esfuerzos, posturas, la manipulación de cargas y movimientos repetitivos (Soto & Toro, 2019); como es el caso de las labores artesanales de caucho.</p>
Post gestión artesanal de NFU	Mercado limitado de productos de NFU generados por los artesanos	La variedad de productos es reducida, los artesanos elaboran lo mismo para un mercado limitado,	Hasta la fecha del levantamiento de información no se ha logrado solventar las limitaciones del estado.		Visibilizar las actividades de reciclaje de NFU para promover la inversión pública o privada en la ampliación de técnicas de aprovechamiento a otros ámbitos.	<ul style="list-style-type: none"> Una vez alcanzado un nivel de organización adecuado y cumplir con los requerimientos legales, visibilizar las actividades del reciclaje de NFU para atraer la atención de empresas privadas que busquen emplear los NFU en otras aplicaciones como obras de infraestructura civil como sistemas de contención, relleno y refuerzo de suelo, barreras acústicas, aislamiento térmico, construcción de carreteras empleando el granulado para la mezcla asfáltica, entre otras. - En el caso de los laterales de los NFU generados en el proceso de corte, ampliar el mercado para promover el uso de estos en alternativas de reutilización, por ejemplo, como armazón de soporte en el cultivo de pitahaya, cuyo uso se encuentra en auge. 	<p>Condiciones ambientales: - Promover la reutilización de los NFU en otras aplicaciones, para mantener la gestión de estos residuos en los niveles más elevados de la jerarquía de residuos evitando llegar a la disposición final (Segura et al., 2020).</p> <p>Condiciones económicas: Visibilizar el reciclaje de NFU como un medio para la generación de ganancias y optimización de recursos económicos.</p>

En total se identifican 11 estrategias para mejorar el desempeño ambiental de los procesos de aprovechamiento de NFU de los Artesanos del caucho de Narancay, en la Tabla 18 se muestra un compendio de las mismas.

Tabla 18

Estrategias identificadas

Número de estrategia	Estrategias
1	Regularización de las actividades para la gestión artesanal de NFU.
2	Creación de un Sistema de Información de Gestión de NFU.
3	Monitorización de las actividades de gestión artesanal de NFU.
4	Mejoramiento de la logística de recolección de NFU-
5	Implementación de centros de acopio de NFU, con infraestructura que cumpla con las medidas dispuestas legalmente (Acuerdo 098) para el manejo de estos residuos.
6	Implementación de maquinaria para prevenir y reducir la generación de residuos y mejorar el aprovechamiento de la materia prima en la elaboración de repuestos vehiculares y bebederos.
7	Implementación de un plan de buenas prácticas ambientales para mejorar la eficiencia energética.
8	Implementación de contenedores para el almacenamiento del material triturado.
9	Hacer un análisis costo-beneficio para la implementación de maquinaria de trituración para hacer una valorización completa de los materiales de los NFU.
10	Implementación de un plan de salud y seguridad ocupacional para reducir los riesgos laborales a los que los artesanos están expuestos en su trabajo.
11	Visibilizar las actividades de reciclaje de NFU para promover la inversión pública o privada, en la ampliación de técnicas de aprovechamiento a otros ámbitos.

5.5 Validación de Estrategias

La validación de estrategias permitió analizar las estrategias desde diferentes puntos de vista y conocer información directamente de dos de los entes gestores de NFU presentes

en la ciudad de Cuenca, cuya utilidad fue significativa pues los expertos impartieron una productiva retroalimentación en aspectos a considerar en el caso de que las estrategias identificadas se pusieran en marcha. Cabe mencionar que, la identificación de estrategias se realizó a partir de las actividades realizadas solamente por los artesanos y se proponen a un nivel conceptual.

Se considera que los tres criterios de adecuación, factibilidad y aceptabilidad tienen el mismo peso en el análisis de la estrategia, por tanto, se determina que la estrategia con mejor calificación es la de *Regularización de las actividades para la gestión artesanal de NFU*. Por otro lado, la estrategia de menor puntuación es la de *implementación de maquinaria para prevenir y reducir la generación de residuos y mejorar el aprovechamiento de la materia prima*. Las validaciones de los respectivos expertos se presentan en el Anexo 9, mientras que los resultados del promedio de la valoración, se exponen en la Tabla 19.

Tabla 19

Valoración promedio del equipo de expertos

Valoración promedio del equipo de expertos				
Número de estrategia	Adecuación	Factibilidad	Aceptabilidad	Calificación promedio
1	5	4,33	4,67	4,67
2	4,33	3,67	4,33	4,11
3	5	3,67	3,67	4,11
4	5	4	4,33	4,44
5	4,67	3,67	4	4,11
6	4,33	3	3,67	3,67
7	4,67	4	4,33	4,33
8	4,67	3,67	4,33	4,22
9	4,33	3,67	4	4
10	4,67	4	4,33	4,33
11	5	4	4	4,33

UCUENCA

Algunas de las principales observaciones manifestadas por el equipo de expertos es que la disponibilidad de recursos y regularización de espacios son aspectos importantes. Por ejemplo, para el caso de la implementación de centros de acopio para NFU y para el material triturado, se requiere de espacios grandes considerando la cantidad de materia prima que manejan. Así mismo, por tratarse de residuos especiales, la legislación establece que los centros de acopio deben estar ubicados en terrenos clasificados como de uso de suelo industrial, no residencial, como es el caso actual.

En cuanto al mejoramiento de la logística de recolección, tanto EMAC como SEGINUS, cuentan con un sistema de recolección georreferenciado. Aunque han demostrado tener buenos resultados, SEGINUS al manejar su gestión a una escala nacional, localmente no trabaja con todos los artesanos en Naranca, sino solamente con los representantes de las asociaciones a un nivel más formal, pues con el sector informal han tenido inconvenientes con la aceptabilidad. EMAC por su parte, legalmente no tiene los permisos para ser considerado un ente apto para la gestión de residuos especiales, es por esto que buscan ser reconocidos como tales para potenciar tecnológicamente el manejo de NFU. En el caso de los artesanos, el experto reconoce la necesidad de una organización en este aspecto, ya que, actualmente recolectan los NFU en días variados e indistintamente.

La regularización de las actividades artesanales es un punto de interés común, para las autoridades de control daría paso a una monitorización efectiva del manejo de estos residuos. Para los artesanos se considera una alternativa beneficiosa para todos los actores, al brindar facilidades en las labores artesanales. De igual forma, coinciden en la relevancia de buenas prácticas de seguridad ocupacional con el fin de precautelar la salud de los trabajadores, ya que consecuentemente de este estado depende la productividad artesanal. Esto siempre y cuando estas prácticas se mantengan en el tiempo.

Para los expertos técnicos de la EMAC y SEGINUS, les llama la atención saber que existe un flujo de NFU hacia Perú pues, en primer lugar, esto se considera ilegal y también,

que la EMAC requiere receptor un número de NFU para cumplir con sus objetivos de operatividad del relleno sanitario, por tanto, respaldan la colaboración entre las partes para adquirir estos residuos.

Finalmente, haciendo referencia a la estrategia de la implementación de maquinaria para la prevención, reducción y aprovechamiento de residuos en los procesos de corte, arqueado y emparejado, se cree que podría presentar inconvenientes con respecto a los recursos económicos necesarios para la obtención de la maquinaria necesaria para poner en marcha esta alternativa. Sin embargo, para el representante de los artesanos, esta es una alternativa ideal para reducir los esfuerzos físicos y agilizar el proceso de elaboración de los productos.

6. Discusión

Con una producción anual a nivel mundial de más de 1500 millones de neumáticos, hoy en día, el manejo y gestión de estos al final de su vida útil, representan uno de los desafíos ambientales más importantes, considerando factores tanto de salud, como, económicos y técnicos (Costa et al., 2022). La dependencia que los seres humanos hemos desarrollado al uso de vehículos como principal medio de transporte frente a una deficiente organización gubernamental en la gestión de NFU, agravan aún más este problema debido al aumento de neumáticos descartados que requieren ser manejados apropiadamente (Feraldi et al., 2013). Las principales complicaciones identificadas son un sistema de gestión de residuos deficiente, la falta de interés por parte de actores clave, la necesidad de presupuestos económicos y una regularización al sector informal e institucional ineficaz (Park et al., 2018).

Un sistema de recolección, transporte, almacenamiento, trituración y gestión adecuada que cumpla con las condiciones idóneas, reduce los riesgos tanto para la salud como para el medio ambiente. Por esta razón, es importante conocer a profundidad la problemática para posteriormente, diseñar alternativas (Martínez et al., 2005). A nivel

UCUENCA

internacional, varios métodos de gestión han sido desarrollados para hacer frente a esta problemática, demostrando la existencia de varias técnicas con resultados bastante beneficiosos (Meza Lay, 2015). Según Araujo-Morera et al., (2021) de 20,6 millones toneladas de NFU generadas al año a nivel mundial, 14 millones son recuperadas, de las cuales el 51 % son gestionadas mediante recuperación de materiales, el 19 % en recuperación de energía, y, el 2 % en obras de ingeniería civil y rellenos. La cantidad restante no son recuperadas o son depositadas en vertederos, almacenamientos o no se tiene conocimiento del tipo de disposición recibido.

En el contexto nacional, se estima una generación promedio de 2,4 millones de neumáticos al año (Guevara et al., 2020) y una tasa de reciclaje hasta el 2016 de un 30 % (MAATE, 2016). Se ha evidenciado que la información acerca de los métodos de aprovechamiento de caucho de NFU a nivel nacional es limitada, más aún dentro de la ciudad de Cuenca. Llegando a saber de la existencia de diferentes organizaciones formales como SEGINUS, e informales como los Artesanos del caucho de Narancay, dedicados a la gestión de estos residuos. Se conoce que por parte de la corporación SEGINUS, de 1 894 810 NFU recolectados a nivel nacional en el año 2021, un 56 % son gestionados en forma de granulado o también llamado triturado, 27 % en pirólisis, 15 % en cogeneración y 2 % en aprovechamiento artesanal (SEGINUS, 2021).

Hasta la realización de este estudio la información con respecto a los patrones de las labores artesanales realizadas a nivel local, las cantidades de NFU aprovechadas, de productos comercializados, de residuos generados y las condiciones de trabajo es limitada. La falta de información se considera una limitante para el progreso de las actividades de aprovechamiento pues el desconocimiento de los flujos y volúmenes de NFU dificulta la toma de decisiones. Además de que, contar con dicha información favorece al fortalecimiento de una gestión organizada de NFU al verse como una oportunidad para recolectar material que genere ingresos económicos (Bittencourt et al., 2020). En el marco de lo expuesto, analizar el aprovechamiento de NFU de los Artesanos del caucho de Narancay es importante,

UCUENCA

teniendo en cuenta que la información por encontrar permite reconocer cualquier actividad que genera tanto beneficios como riesgos para el ambiente, la salud y las condiciones de trabajo de estos actores.

Arévalo et al., (2022) estiman que en Cuenca en el 2020 se generaron 106 044 NFU e informan que, durante el periodo de julio a diciembre de 2021, EMAC recolectó 1094 NFU. Por otro lado, se estima que los artesanos durante el periodo julio 2021 a junio 2022 adquirieron un total de 199 576 NFU, esto resulta interesante pues indica que receptaron a nivel de Cuenca y sus alrededores, el 10,5 % de los 1 894 810 NFU recolectados por SEGINUS en el año 2021 a nivel nacional. Desde otro punto, esta misma cifra de adquisición de NFU representa el 188,2 % de la estimación de NFU generados en la ciudad en 2020. Esto llama la atención, pues equivale a casi el doble de lo que se estima se generó en Cuenca. El ingreso de esta cantidad de NFU a la ciudad, podría indicar que tienen una fuerte red de abastecimiento tanto dentro como fuera de la ciudad que les permite captar tal proporción de NFU. En los acercamientos con los artesanos, ellos han manifestado que la mayoría de NFU son traídos desde provincias de la costa, ya que en Cuenca la intervención de SEGINUS ha dificultado la adquisición localmente, lo que además obstaculizó la estimación del porcentaje de NFU recolectados dentro de la ciudad. Este movimiento interprovincial de NFU podría justificar las cantidades referidas; sin embargo, tampoco se debe descartar una sobreestimación de los datos proporcionados por los artesanos.

De la misma manera, se conoció que dentro del sistema de SEGINUS participa de forma directa como gestor de aprovechamiento solamente una de las personas identificadas como artesano calificado, quién es representante de una de las asociaciones de los Artesanos del caucho de Narancay. Es decir, no consideran a los artesanos independientes ni a los demás miembros de las organizaciones, lo que representa un punto de fractura al sistema de trazabilidad, mostrando que su gestión es bastante útil a un nivel macro como importadores, comercializadores y distribuidores, pero no a un nivel micro, como los artesanos. A esto se suma que, según versiones de los mismos artesanos, la mayoría de ocasiones que requieren

UCUENCA

adquirir NFU deben pagar un rubro económico, que puede ir desde los \$2 por unidad de NFUR hasta los \$50 en el caso de los NFUC. Aunque si bien es cierto, no se reconoce a los artesanos legalmente como gestores, los 199 576 NFU que se estima receptaron en el año de estudio, representan un aprovechamiento cinco veces mayor a los 37 896 NFU que SEGINUS indica son destinados a la gestión artesanal. Esto evidencia dos aspectos interesantes; primero, que la rentabilidad del negocio a pesar de ser artesanal es tal, que están dispuestos a invertir esta cantidad de dinero por NFU esperando recibir la ganancia tras el procesamiento respectivo. Y segundo, el hecho de que los artesanos estén manejando tales cantidades de NFU advierte de la necesidad de una monitorización del cumplimiento de la normativa legal conforme a las actividades que se interpretan están migrando de un sistema artesanal a trituración. Esto considerando que, de acuerdo al MFA se determinó que un 45,18 % de NFU receptados para aprovechamiento, fueron destinados al flujo de trituración. Mientras que, a los flujos de repuestos vehiculares, bebederos y otras artesanías, se canalizó el 42,1 %, 9,52 % y 3,2 %, respectivamente.

No obstante, la problemática actual es que los Artesanos del caucho de Narancay no tienen la autorización ambiental para practicar la trituración como un método de aprovechamiento por lo que técnicamente, sus actividades son ilícitas. Este canal genera un particular interés debido a la naturaleza que abarca el desarrollo de estas actividades pues, a pesar de que los artesanos no cuentan con los permisos respectivos, se lo caracteriza como el mayor flujo de NFU en comparación a los demás identificados. La razón de esto podría estar en que es un proceso que requiere menos esfuerzo, se realiza en menos tiempo y en los ingresos económicos generados por la venta de material triturado que al final del proceso se estima es de 1621,67 t/año. Considerando que el costo aproximado por tonelada de triturado es de \$40, implicaría que las ganancias ascienden a los \$5400 mensuales, frente al ingreso mensual promedio estimado que es de \$630. Las ganancias generadas por la venta de los productos no son justificadas ante el Servicio de Rentas Internas (SRI) pues al no tener permisos tampoco emiten facturas de la venta de productos.

Aunque algunos autores (Adamcová et al., 2014; Clauzade et al., 2010), afirman que la trituración puede ser una alternativa adecuada para la disposición de NFU, esto depende de que se realice bajo condiciones de control de calidad, con la capacitación adecuada y cumpliendo con los requisitos legales correspondientes. Aspectos que los artesanos de Narancay no llevan a cabo. Rodríguez et al., (2017), hace una comparación entre la trituración de NFU y el reencauche, deduciendo que la trituración es una opción viable para la disposición final porque consume una menor cantidad de energía, menor cantidad de materia prima como petróleo y no existe evidencia bibliográfica de que genere emisiones de CO₂.

Sin embargo, es importante considerar las aplicaciones a las que se va a destinar el material triturado. En este caso, los artesanos refieren que lo comercializan a la empresa Holcim, en donde son empleados en cogeneración. Aunque las formas de uso del triturado están fuera del límite del sistema de gestión de los artesanos, y consecuentemente, fuera del alcance de este estudio, cabe mencionar que este método puede presentar algunas ventajas como la prevención del uso de espacios significativos en los rellenos sanitarios, la sustitución de combustibles fósiles, mínima producción de residuos. Así como desventajas, por ejemplo, la liberación de sustancias tóxicas durante una incineración imperfecta y que las emisiones pueden contener dioxinas y furanos (Feraldi et al., 2013; Adamcová et al., 2014). Algunos autores concuerdan en que la cogeneración es un tratamiento que puede evitar impactos ambientales mediante el empleo de este material como combustible (Valencia Ramírez et al., 2019; Adamcová et al., 2014; Clauzade et al., 2010; Kopytyn'sk, 2017; Li et al., 2010; De Miguel et al., 2021). Siempre y cuando, se realice con el equipo y procedimientos adecuados, lo cual Holcim asegura dispone, pues cuenta con instalaciones para la recuperación de energía y reciclaje de materiales con Certificación para la Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos en las operaciones que gestionan combustibles alternos, ACERT e ISO 9001 (HOLCIM, 2022).

En el marco de lo antes expuesto, se deduce que, si la trituración de NFU se realiza bajo condiciones de control y con maquinaria apropiada para este tipo de aprovechamiento,

UCUENCA

puede ser una alternativa viable ambientalmente para el manejo de estos residuos frente a otras formas de disposición como el envío de los NFU al relleno sanitario de Cuenca como desecho o en espacios no regulados. Sin embargo, se podría mejorar escalando en los niveles de jerarquización de gestión de residuos con *una valorización completa de los materiales de los NFU*, ya que actualmente los artesanos procesan los NFU en la trituradora de manera simplificada. Para esto se debería partir de *un análisis costo-beneficio para la implementación de maquinaria de trituración para hacer una valorización completa de los materiales de los NFU*. De esta forma se amplían los posibles usos de los compuestos de estos residuos como el empleo de gránulos de caucho en césped sintético, que según Gomes et al., (2019). O en la preparación de hormigón, lo que ha mostrado propiedades mejoradas como absorción de sonido y resistividad eléctrica (Ferdous et al., 2021). Araujo-Morera et al., (2021) mencionan que la mezcla del triturado con asfalto para el tratamiento de superficies de carreteras tiene ventajas en el rendimiento de las carreteras y su longevidad, ya que reduce el ruido de los vehículos que circulan por ellas, mejora la resistencia al agrietamiento y al derrape, y proporciona una conducción más cómoda.

Cabe recalcar que, para potenciar la gestión de NFU a las aplicaciones antes mencionadas hay que partir de un nivel organizativo social mejorado tanto entre artesanos como con organizaciones externas vinculadas al área de gestión de residuos. Teniendo en cuenta que la falta de organización y de visibilización de las actividades de gestión realizadas por los artesanos han limitado su desempeño y evolución en otros mercados y aplicaciones de los NFU se considera una *visibilización de las actividades de reciclaje de NFU para promover la inversión privada, municipal o gubernamental en la ampliación de técnicas de aprovechamiento a otros ámbitos*. Igual de importante también es que los artesanos realicen sus labores dentro de la normativa legal que garantice una práctica de las mismas bajo condiciones reguladas. En este contexto, se identifica la necesidad del otorgamiento de certificados o carnets que validen la participación de los artesanos en un nivel especial de gestores, y, que funcione como una herramienta para la *monitorización de las actividades de*

UCUENCA

gestión artesanal de NFU y la regularización de las actividades para la gestión artesanal de NFU. Esto resultaría pertinente puesto que, también se identificó la existencia de un flujo de exportación de 163,88 t/año hacia el Perú, para lo cual según el Acuerdo No. 061 de la Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ecuador, las personas exportadoras deben contar con los permisos respectivos conforme a lo establecido en la legislación. Otra condición que estipula el Acuerdo No. 061 es que cualquier movimiento transfronterizo de residuos especiales debe ser aprobado por la Autoridad Ambiental tanto del país exportador como del importador (Acuerdo Ministerial No. 061, 2015), para lo que, según la información disponible, ni los artesanos ni los comerciantes peruanos cuentan con estos permisos. Por tanto, esta actividad debería ser restringida ya que al no tener un control de calidad pueden representar un riesgo para la ciudadanía.

El registro de aprovechamiento mediante esta regularización también beneficiaría el fortalecimiento de la base de datos para futuros estudios o proyectos en pro de la gestión de NFU como un instrumento para esto, se plantea *la creación de un Sistema Información de Gestión de NFU* con un alcance igualmente a nivel local, hacia el fin de involucrar a actores del ciclo de vida de los neumáticos como los fabricantes, importadores, distribuidores o centros de servicio, en una gestión eficiente de los mismos, cumpliendo con todos los aspectos tanto ambientales, como sociales y económicos. Para alcanzar estos objetivos es primordial partir de una base con información verificada, sabiendo que la cantidad y calidad de los datos tienen una gran relevancia al momento de determinar los resultados de cualquier proyecto o investigación, por esta razón las fuentes de información juegan un papel crucial en el desarrollo de los mismos (Zaccariello et al., 2015). Dentro de este sistema se propone el registro de artesanos, de las fuentes proveedoras o puntos de recolección de NFU y la cantidad de NFU receptada y gestionada por los artesanos.

Como parte del trabajo de integración con las fuentes proveedoras se busca un *mejoramiento de la logística de recolección*, pues se identificó que el transporte de los NFU es una de las actividades generadoras de impactos ambientales por la emisión de gases y el

UCUENCA

consumo de combustibles fósiles. Aranda Usón et al., (2012) en su estudio buscan dar solución a este inconveniente y presentan el algoritmo de Clarke y Wright. Esta alternativa optimiza el tiempo, la distancia recorrida y, por tanto, el uso de combustible durante la recolección y transporte a los puntos de gestión de NFU. Existe el antecedente de la georreferenciación piloto de los puntos de recolección ejecutada por la EMAC dentro de su plan de recolección diferenciada (Arévalo et al., 2022), el inconveniente es que esta identificación no abarca toda la red de abastecimiento de los artesanos. SEGINUS por su parte, ha creado una aplicación móvil con alcance a nivel nacional, sin embargo, no es totalmente eficiente pues no considera a todos los gestores de aprovechamiento a pequeña escala. Además de que han tenido dificultades de acercamiento a los actores informales o no calificados para adherirlos a su red.

Otros de los aspectos importantes a monitorizar con base en la identificación de actividades generadoras de impacto son el acopio de NFU, la ausencia de prácticas de salud y seguridad ocupacional, y la generación de residuos, ya que son las que mayor influencia manifiestan en los factores ambientales. Con respecto al almacenamiento de NFU, durante la ejecución de este trabajo se conoció que se reportan quejas de habitantes de las zonas aledañas a Narancay, indicando una inconformidad con respecto a la disposición de NFU en espacios públicos y privados del sector, por la contaminación visual que esto provoca y los riesgos a la propagación de vectores.

Como medida preventiva a esto, los artesanos han adecuado los talleres para tener un espacio de acopio, sin embargo, estos no cuentan con las condiciones de infraestructura propicias para el almacenamiento del volumen de NFU manejado que con información no oficial se estima es de 35,97 t/mes. En respuesta a esto, se reconoce la conveniencia de la *implementación de centros de acopio de NFU con infraestructura que cumpla con las medidas dispuestas legalmente para el manejo de estos residuos* establecidas por la normativa en el Acuerdo Ministerial No. 098 (2015). Sin embargo, se enfrenta a conflictos de disponibilidad de espacio y de permisos de uso de suelo específico para este tipo de actividades, pues

actualmente, se ubican en una zona urbana (GAD Municipal de Cuenca, 2016), y conforme al Acuerdo Ministerial No. 061 (2015), las instalaciones de manejo de residuos especiales no deben estar ubicadas en un radio urbano a menos que algún instrumento de ordenamiento territorial lo permita. Interpretándose que, en tal caso, estas actividades corresponden a una categoría de uso industrial lo que involucra una inversión económica para la adquisición de terrenos en dicha zona. En Colombia, el gobierno propuso la Resolución 1457 que decreta ser responsabilidad de los distribuidores y comercializadores proporcionar a los gestores un espacio propicio para el almacenamiento de NFU, que en conjunto con otras disposiciones como la REP han elevado la tasa de recolección de estos residuos (Park et al., 2018).

En cuanto a la generación de residuos de NFU, aunque gran parte de los residuos generados en el caso de los Artesanos de Narancay, son empleados como material para trituración, de acuerdo a los lineamientos de jerarquía de gestión de residuos, la primera opción debe ser la prevención y minimización de su producción (Segura et al., 2020). Por esto, se considera la pertinencia de una *implementación de maquinaria para prevenir y reducir la generación de residuos y mejorar el aprovechamiento de la materia prima* para los procesos de elaboración de repuestos vehiculares y de bebederos, que son el segundo y tercer flujo más significativo indicado en el MFA. Se espera que esta maquinaria realice los cortes del material, con esto se optimiza el tiempo y los recursos, a la vez que se facilita el trabajo de los artesanos al reducir el esfuerzo físico.

Antes de implementar la maquinaria para trituración estos residuos debían ser recolectados por la EMAC y dispuestos en el relleno sanitario de Pichacay, teniendo en cuenta el volumen de algunos residuos y que el tiempo de degradación de los neumáticos y por ende de sus fragmentos, es de aproximadamente 500 años (Córdova & Romo, 2012), esta disposición representaba un problema serio. Hoy en día, se estima que 253,06 t anuales de residuos generados durante las actividades artesanales son enviadas para ser trituradas, 201,73 t/año se comercializan como material triturado y tan solo 1,49 t/año son recolectadas por el servicio de la EMAC. El material triturado debe ser almacenado en condiciones

similares a las de los NFU por esto se considera la *implementación de contenedores para el almacenamiento del mismo*.

Finalmente, es relevante abordar el tema de la ausencia de buenas prácticas de salud y seguridad ocupacional, que resulta preocupante pues se ha evidenciado una serie de acciones que generan riesgos para los artesanos, como es el caso de la falta de equipo de protección, posiciones ergonómicas inadecuadas durante la elaboración de los productos y en la manipulación de NFU cuyo peso en ocasiones alcanza los 145 kg. Esto es importante contemplar puesto que las labores artesanales con los residuos de caucho representan un riesgo laboral biomecánico para los practicantes de las mismas, ya que puede llegar a causar lesiones o enfermedades ocupacionales por los esfuerzos, posturas, la manipulación de cargas y movimientos repetitivos (Soto & Toro, 2019). Por esto se sugiere *un diagnóstico de las prácticas de salud y seguridad ocupacional para reducir los riesgos laborales a los que los artesanos están expuestos en su trabajo*.

En este estudio se identificaron varios aspectos a trabajar tanto desde el ámbito ambiental como social y legal. Cabe recalcar que, aunque las actividades realizadas por los Artesanos del caucho de Narancay están por fuera del marco de la ley, no pueden ser prohibidas radicalmente puesto que representan el medio de subsistencia para varias familias. Es por esto que se considera imprescindible el establecimiento de vínculos entre los actores que intervienen en la gestión de NFU y la organización interna del sector artesanal para obtener y gestionar los recursos necesarios para la aplicación de las estrategias identificadas en busca de mejorar las condiciones de trabajo de los artesanos en pro del ambiente.

7. Conclusiones

Los NFU son uno de los residuos que más atención deberían recibir por parte de las autoridades regulatorias debido a las implicaciones ambientales que conlleva una mala disposición al final de la vida útil de los mismos, teniendo en cuenta su baja biodegradabilidad,

UCUENCA

el volumen que ocupan en los vertederos o rellenos sanitarios, y el riesgo a la salud al ser propicios a servir como hábitat para la propagación de plagas. A esto se suma el constante crecimiento del parque automotor y consecuentemente, la creciente demanda de neumáticos que posteriormente se convierten en NFU, de ahí la importancia de conocer y comprender el aprovechamiento que se está dando a este tipo de residuos a nivel nacional y sobre todo local, en el caso de los Artesanos del caucho de Narancay.

Los Artesanos del caucho de Narancay son un grupo de 33 personas que trabajan en nueve talleres artesanales. Para sus labores se abastecen de NFU que son recolectados dentro y fuera de Cuenca, en su mayoría de centros de servicio ubicados en la costa ecuatoriana. Se estimó que de julio de 2021 a junio de 2022 recibieron 2790,32 t/año, cuyo aprovechamiento se dividió en tres líneas de flujo y manejaron un stock de 35,97 t. El principal flujo fue de 2583,58 t, procesadas artesanalmente en la elaboración de muebles, bebederos, macetas, tiras, repuestos vehiculares y trituración. Adicionalmente, se determinó la existencia de un flujo de exportación de 163,88 t de NFU hacia el Perú que según versiones de los artesanos, son empleados en el rodamiento de vehículos, a pesar de que en territorio nacional se considere que cumplieron con su tiempo de vida útil. Finalmente, la EMAC recolectó 8,26 t en un periodo de julio a diciembre de 2021 como parte de su programa de recolección diferenciada con la finalidad de emplear los NFU como base en el relleno sanitario de Pichacay.

Con base en el MFA se determinó que la mayor cantidad de NFU destinados al aprovechamiento artesanal fueron empleados para la trituración al canalizarse el 45,18 % equivalente a 1166,74 t/año. Por lo tanto, este flujo demostró ser el producto de mayor comercialización seguido por los repuestos vehiculares, para cuya elaboración se estima fueron canalizados el 42,10 % de NFU, es decir, 1087,14 t/año. El flujo a bebederos fue el tercero más importante, a este se destinaron 9,52 %, igual a 245,96 t/año. Los canales a tiras, macetas y muebles se enviaron 3,02 %, 0,14 % y 0,03 %, equivalentes a 77,95 t/año, 3,58 t/año y 0,83 t/año, respectivamente.

Las actividades generadoras de impactos ambientales identificadas fueron en primera instancia en el acopio de NFU, por la cantidad de NFU receptadas y almacenadas en espacios con falta de infraestructura y acondicionamiento apropiado para el depósito de este material. En segundo lugar, la generación de residuos por la actividad de corte de bebederos, tiras y repuestos vehiculares, debido a la cantidad de residuos generados. Seguido por la ausencia de salud y seguridad ocupacional, ya que, los artesanos carecen de conocimiento sobre prácticas de trabajo seguras que protejan su seguridad. En cuanto a los impactos positivos, se reconoce que la comercialización de la mayoría de los productos incide en los factores de empleo, comercio e industria, al ser el medio de sustento para las familias de los artesanos.

En respuesta a las actividades generadoras de impacto se plantearon 11 estrategias, de las cuales la mejor calificada con respecto a los criterios de adecuación, factibilidad y aceptabilidad tras la validación de expertos fue la *regularización de las actividades para la gestión artesanal de NFU*. Una calificación basada en que es un aspecto fundamental para el mejoramiento del desempeño ambiental de las actividades de los Artesanos del caucho de Narancay. Esto considerando una certificación cuya contraparte sea el registro de los flujos de entrada, aprovechamiento y salida, que permita recopilar información sobre la generación y gestión de NFU en el cantón Cuenca.

9. Limitaciones del Estudio

Las limitaciones presentadas durante la elaboración del presente estudio fueron derivadas principalmente de la escasa información acerca del aprovechamiento artesanal de NFU a nivel nacional y local, específicamente, de los Artesanos del caucho de Narancay. Al no contar con estudios previos sobre la temática a tratar, el levantamiento de una línea base fue imprescindible; sin embargo, la falta de organización en los talleres artesanales con respecto a un registro de los flujos manejados limitó el alcance y la profundización del estudio pues no se contó con datos precedentes. Por el mismo motivo, no se pudo calcular una

UCUENCA

incertidumbre cuantitativa, pero si una cualitativa mediante la Matriz de Pedigree, cuyos resultados indican que los datos tienen una calidad regular.

Así también, no se pudo coordinar un espacio de diálogo con la corporación de Holcim lo que imposibilitó conocer a detalle la cantidad de material triturado proveniente de los artesanos que emplean, si es necesario dar algún tipo de preprocesamiento tras adquirirlos o verificar la versión de los artesanos sobre el manejo que se da a los mismos dentro de la empresa.

8. Recomendaciones

Para complementar este trabajo, en estudios futuros se pueden considerar aspectos que permiten dar una mayor precisión, entre ellos se encuentran:

- Desarrollar estudios desde el ámbito legal, económico y social con respecto a la factibilidad y viabilidad de una regularización de las actividades y espacios artesanales, que se consideran una herramienta útil para otorgar a las autoridades más criterios para la toma de decisiones desde la administración pública.
- Analizar y estudiar el comportamiento del material triturado cuando se incorpora al proceso de producción de cemento. Se considera propicio un estudio de mayor alcance, respecto al análisis de las emisiones generadas durante el coprocesamiento en las industrias cementeras que adquieren este material. Así como los parámetros requeridos por las cementeras para aprovechamiento de triturado de alta calidad con el objetivo de garantizar un buen desempeño del material triturado en el uso que se le vaya a dar.
- Para la etapa del levantamiento de información, es importante dar a conocer los fines del estudio de manera clara y concisa para evitar malos entendidos y, por ende, resistencia a brindar información por parte de la población de estudio. Por esta razón, es propicio establecer vínculos de confianza con los mismos.

10. Referencias Bibliográficas

Adamcová, D., Vaverková, M., Toman, F., & Kotovicová, J. (2014). Assessing of various methods of cast-off tyre disposal. *Environment Protection Engineering, Vol. 40*(nr 2). <https://doi.org/10.5277/epe140209>

AEADE. (2019). *Industria automotriz, con el acelerador puesto – AEADE* [AEADE]. <https://www.aeade.net/industria-automotriz-con-el-acelerador-puesto/>

AEADE. (2021). Boletín Sector Automotor en Cifras—Julio 2021. *Boletín Sector Automotor en Cifras*. <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2021/08/7.-Sector-en-Cifras->

- AEADE. (2022). Boletín Sector Automotor en Cifras—Julio 2022. *Boletín Sector Automotor en Cifras*. <https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2022/09/7.-Sector-en-Cifras-Ingles-Resumen-Julio.pdf>
- Afrin, H., Huda, N., & Abbasi, R. (2021). Study on End-of-Life Tires (ELTs) Recycling Strategy and Applications. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1200(1), 012009. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1200/1/012009>
- Allesch, A., & Brunner, P. H. (2017). Material Flow Analysis as a Tool to improve Waste Management Systems: The Case of Austria. *Environmental Science & Technology*, 51(1), 540-551. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04204>
- Altman, C. (2018). El Mantenimiento y la Eficiencia Energética. *Mantenimiento mundial*. <http://www.mantenimientomundial.com/notas/eficiencia-energetica.pdf>
- Álvarez García, S. E. (2019). Alternativas de aprovechamiento y valorización material y energética del residuo “neumático fuera de uso”, municipio de Managua Nicaragua año 2015. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 9(1), 2-17. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v9i1.8992>
- Andrade, J., & Agualsaca, E. (2018). *Estudio y experimentación de la eficiencia energética de un calentador de agua domiciliario, construido parcialmente con material reciclado de neumáticos, para una capacidad de 50 ltr.*
- Aranda Usón, A., Ferreira, G., Zabalza Bribián, I., & Zambrana Vásquez, D. (2012). Study of the environmental performance of end-of-life tyre recycling through a simplified mathematical approach. *Thermal Science*, 16(3), 889-899. <https://doi.org/10.2298/TSC1120212129A>
- Araujo, J., Verdejo, R., López, M. A., & Hernández, M. (2020). *La autorreparación: Estrategia clave en el modelo de economía circular de los neumáticos*. <https://digital.csic.es/handle/10261/232606>
- Araujo-Morera, J., Verdejo, R., López-Manchado, M. A., & Hernández Santana, M. (2021). Sustainable mobility: The route of tires through the circular economy model. *Waste*

Management, 126, 309-322. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.025>

Arévalo, C. V., Sarmiento, B. E., & García, J. S. (2022). *Aprovechamiento, Reutilización y Gestión de Neumáticos Usados en el Cantón Cuenca—EMAC EP - UDA*.

Ayala, D. K. (2015). Estudio de factibilidad para la implantación de una reencauchadora y comercializadora de neumáticos renovados para satisfacer la demanda insatisfecha del sector de transporte pesado de la Provincia del Carchi. *Visión Empresarial*, 5, 135-149. <https://doi.org/10.32645/13906852.419>

Bittencourt, E. S., Fontes, C. H. de O., Moya Rodriguez, J. L., Filho, S. Á., & Ferreira, A. M. S. (2020). Forecasting of the unknown end-of-life tire flow for control and decision making in urban solid waste management: A case study. *Waste Management & Research*, 38(2), 193-201. <https://doi.org/10.1177/0734242X19886919>

Blanco Hinostrroza, J. R. (2016). *Incremento de la vida útil de neumáticos para reducir costos de operación en camiones Caterpillar 797F en Tomorocho—Chinalco Perú*. [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3636/Blanco%20Hinostrroza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2016). *Handbook of Material Flow Analysis: For Environmental, Resource, and Waste Engineers* (2.^a ed.). CRC Press.

Campoamor, J. (2016). *Cementerios de neumáticos: Un problema global | DW | 23.05.2016*. DW. <https://www.dw.com/es/cementerios-de-neum%C3%A1ticos-un-problema-global/a-19278585>

Campoverde, J. A., Romero, C. A., Naula, F. B., Loyola, D. M., Coronel, K. T., & Jimenez, J. A. (2019). *Aplicación de un modelo matemático para el diseño de la cadena de suministro en el sector de neumáticos en Ecuador*. <http://localhost:8080/xmlui/handle/654321/6557>

Cano Serrano, E., Cerezo García, L., & Urbina Fraile, M. (2007). *Valoración material y energética de neumáticos fuera de uso*. CEIM Dirección General de Universidades e Investigación.

- Carrillo Abril, D. J. (2018). *Los factores de riesgo físico y su efecto en la salud de los trabajadores en las actividades de reciclaje y fundición de acero*.
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/28995>
- Clauzade, C., Osset, P., Hugrel, C., Chappert, A., Durande, M., & Palluau, M. (2010). Life cycle assessment of nine recovery methods for end-of-life tyres. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(9), 883-892. <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0224-z>
- CONAE. (2003). *Manual de Información Técnica de Neumáticos*.
https://www.fivi.cat/archivos_fivi/manual_llantas.pdf
- Conesa Fernández Vítora, V., Conesa Ripoll, L. A., & Conesa Ripoll, V. (2015). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental* (Cuarta edición revisado y ampliado, reimpresión). Mundi-Prensa.
- Continental. (2022). *Cómo almacenar los neumáticos correctamente*. Continental.
<https://www.continental-neumaticos.es/turismo/conocimientos-sobre-neumaticos/cuidado-y-mantenimiento/almacenar-neumaticos>
- Córdova, G., & Romo, Ma. de L. (2012). Gestión pública para solucionar un problema ambiental: Manejo de llantas de desecho en Ciudad Juárez. *Región y sociedad*, 24(53), 119-151.
- Coria, I. D. (2008). El Estudio de Impacto Ambiental: Características y metodologías. *Invenio*, 11(20), 125-135.
- Costa, S. M. R., Fowler, D., Carreira, G. A., Portugal, I., & Silva, C. M. (2022). Production and Upgrading of Recovered Carbon Black from the Pyrolysis of End-of-Life Tires. *Materials*, 15(6), 2030. <https://doi.org/10.3390/ma15062030>
- Davara, F. (2020). Economía Circular y digitalización; paradigmas vinculados. *Fernando Davara*. <http://fernandodavara.com/economia-circular-y-digitalizacion-paradigmas-vinculados/>
- De Guzman, D. (2008). *History of the synthetic rubber industry*. ICIS Explore.
<https://www.icis.com/explore/resources/news/2008/05/12/9122056/history-of-the->

synthetic-rubber-industry

De Miguel, C., Martínez, K., Pereira, M., & Kohout, M. (2021). *Economía circular en América*

Latina y el Caribe: Oportunidad para una recuperación transformadora. Comisión

Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); Documentos de Proyectos.

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47309/1/S2100423_es.pdf

Delarze, P. (2008). *RECICLAJE DE NEUMÁTICOS Y SU APLICACIÓN EN LA*

CONSTRUCCIÓN [Universidad Austral de Chile].

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfcd339r/doc/bmfcd339r.pdf>

Dellavedova, M. G. (2016). Guía metodológica para la elaboración de una Evaluación de

Impacto Ambiental. *UNLP BLOGS*.

[https://blogs.ead.unlp.edu.ar/planeamientofau/files/2013/05/Ficha-N%C2%BA-17-](https://blogs.ead.unlp.edu.ar/planeamientofau/files/2013/05/Ficha-N%C2%BA-17-Gu%C3%ADa-metodol%C3%B3gica-para-la-elaboraci%C3%B3n-de-una-EIA.pdf)

[Gu%C3%ADa-metodol%C3%B3gica-para-la-elaboraci%C3%B3n-de-una-EIA.pdf](https://blogs.ead.unlp.edu.ar/planeamientofau/files/2013/05/Ficha-N%C2%BA-17-Gu%C3%ADa-metodol%C3%B3gica-para-la-elaboraci%C3%B3n-de-una-EIA.pdf)

Dos Muchangos, L. S., Tokai, A., & Hanashima, A. (2017). Application of material flow

analysis to municipal solid waste in Maputo City, Mozambique. *Waste Management*

& Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy, 35(3), 253-266.

<https://doi.org/10.1177/0734242X16678067>

El Comercio. (2019). *Una recicladora de llantas, bajo observación en Quito*. El Comercio.

[https://www.elcomercio.com/actualidad/quito-recicladora-llantas-barrio-](https://www.elcomercio.com/actualidad/quito-recicladora-llantas-barrio-neumaticos.html)

[neumaticos.html](https://www.elcomercio.com/actualidad/quito-recicladora-llantas-barrio-neumaticos.html)

EL TIEMPO. (2018). El futuro del automóvil en la próxima década | Motor. *EL TIEMPO*.

[https://www.motor.com.co/actualidad/industria/futuro-automovil-proxima-](https://www.motor.com.co/actualidad/industria/futuro-automovil-proxima-decada/31300)

[decada/31300](https://www.motor.com.co/actualidad/industria/futuro-automovil-proxima-decada/31300)

El Universo. (2022, mayo 19). *Conozca el top 10 de las provincias donde más se*

recolectaron llantas usadas para su reciclaje en Ecuador en 2021. El Universo.

[https://www.eluniverso.com/larevista/ecologia/conozca-el-top-10-de-las-provincias-](https://www.eluniverso.com/larevista/ecologia/conozca-el-top-10-de-las-provincias-donde-mas-se-recolectaron-llantas-usadas-para-su-reciclaje-en-ecuador-en-2021-nota/)

[donde-mas-se-recolectaron-llantas-usadas-para-su-reciclaje-en-ecuador-en-2021-](https://www.eluniverso.com/larevista/ecologia/conozca-el-top-10-de-las-provincias-donde-mas-se-recolectaron-llantas-usadas-para-su-reciclaje-en-ecuador-en-2021-nota/)

[nota/](https://www.eluniverso.com/larevista/ecologia/conozca-el-top-10-de-las-provincias-donde-mas-se-recolectaron-llantas-usadas-para-su-reciclaje-en-ecuador-en-2021-nota/)

Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Circular economy systems diagram*. Ellen MacArthur

Foundation. <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>

Espinoza, L., Fariño, J., Espinoza, Y., & Mayorga, M. (2020). Responsabilidad Social y Ambiental: Tratamiento y Disposición Final de Llantas Usadas en la Ciudad de Machala. *Gestión en el Tercer Milenio*, 23(45), 39-48.

<https://doi.org/10.15381/gtm.v23i45.17405>

Ezeah, C., Fazakerley, J. A., & Roberts, C. L. (2013). Emerging trends in informal sector recycling in developing and transition countries. *Waste Management*, 33(11), 2509-2519. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.06.020>

Feraldi, R., Cashman, S., Huff, M., & Raahauge, L. (2013). Comparative LCA of treatment options for US scrap tires: Material recycling and tire-derived fuel combustion. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(3), 613-625.

<https://doi.org/10.1007/s11367-012-0514-8>

Ferdous, W., Manalo, A., Siddique, R., Mendis, P., Zhuge, Y., Wong, H. S., Lokuge, W., Aravinthan, T., & Schubel, P. (2021). Recycling of landfill wastes (tyres, plastics and glass) in construction – A review on global waste generation, performance, application and future opportunities. *Resources, Conservation and Recycling*, 173, 1-39. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105745>

Franco, M. A. (2015). ANÁLISIS DEL ACUERDO N.020 DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR PARA DEFINIR LA PREFACTIBILIDAD DEL DESARROLLO DE UN PLAN DE RECICLAJE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO. 100.

Fuentes, D. (2014). OBTENCIÓN DE LÁMINAS IMPERMEABLES A PARTIR DE CAUCHO RECICLADO UTILIZANDO RESINA DE MORTERO DE URETANO [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2874/1/T-UC-0017-73.pdf>

Godás, L. (2006). El ciclo de vida del producto. *Offarm*, 25(8), 110-115.

Gomes, T. S., Neto, G. R., Nioac de Salles, A. C., Yuan Visconte, L. L., & Vasques

Pacheco, E. B. A. (2019). End-of-Life Tire Destination from a Life Cycle Assessment Perspective. En *New Frontiers on Life Cycle Assessment—Theory and Application*.

IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82702>

Gómez, J. D. (2015). *ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES EN SISTEMAS HUMANOS-UNA REVISIÓN*. 14.

Gómez, J. L. (2020, marzo 17). ¿Cuáles son los diferentes elementos que conforman un neumático? Descubre todos sus secretos. *Diariomotor*.

<https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/neumatico-elementos/>

GRIN. (2018). *SISTEMA DE GESTION Y RECICLAJE INTEGRAL DE NEUMATICOS USADOS EN EL ECUADOR*. https://s3-us-west-2.amazonaws.com/ungc-production/attachments/cop_2018/466817/original/COP_2_Grin_2018.output.pdf?1535733599

Guerra Miño, D., & Sacoto Acaro, D. (2020). Productores de caucho en Ecuador, sinopsis del pasado y presente. *El Productor*. <https://elproductor.com/2020/12/productores-de-caucho-en-ecuador-sinopsis-del-pasado-y-presente/>

Guevara, J., Tinoco, F., Delgado, E., & Calderón, J. (2020). Reúso pragmático de neumáticos en un proyecto educativo para alcanzar competencias del desarrollo sostenible. *Industrial Data*, 23(2), 127-140.

<https://doi.org/10.15381/idata.v23i2.16758>

HOLCIM. (2022). *Geocycle*. Holcim Ecuador S.A. <https://www.holcim.com.ec/geocycle>

Hurtado, M. D. C. V., Leones, M. A. C., & Herrera, E. V. S. (2022). Legislación Ambiental en Ecuador. *RECIMUNDO*, 6(1), 182-190.

[https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(1\).ene.2022.182-190](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(1).ene.2022.182-190)

Ibáñez, G. (2019). *Análisis de la barra estabilizadora de la suspensión de un vehículo tipo Fórmula Student* [Universidad Politécnica de Madrid].

https://oa.upm.es/56683/1/TFG_GUILLERMO_IBA%C3%91EZ_VAQUERO.pdf

Jacob, P., Kashyap, P., Suparat, T., & Visvanathan, C. (2014). Dealing with emerging waste streams: Used tyre assessment in Thailand using material flow analysis. *Waste Management & Research*, 32(9), 918-926.

<https://doi.org/10.1177/0734242X14543554>

- Kopytyn´sk, W. R. (2017). Procesar neumáticos fuera de uso (NFU). *Gestión Ambiental Empresaria*, 234, 12-21.
- Largo, A. (2018, marzo 23). *La fiebre del caucho*. Archivos de la Historia | Tu página de divulgación. <https://archivoshistoria.com/la-fiebre-del-caucho/>
- León, C. S., & Saca, J. J. (2018). *Determinación de Costos en el Proceso de Logística Inversa en el Sector de Comercialización de Neumáticos en la Provincia del Azuay* [Universidad de Cuenca].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33686/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
- Li, X., Xu, H., Gao, Y., & Tao, Y. (2010). Comparison of end-of-life tire treatment technologies: A Chinese case study. *Waste Management*, 30(11), 2235-2246.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.06.006>
- LÍDERES. (2015). *Un grupo de empresas que recicla llantas*. LÍDERES.
<http://www.revistalideres.ec/lideres/grupo-empresas-recicla-llantas-estrategias.html>
- López, F. A., López, A., Alguacil, F. J., & Manso, J. (2009). *Situación actual del tratamiento de neumáticos fuera de uso y posibilidades de obtención de negro de humo de alta pureza*. 25.
- Lozano Medina, A. (2014). *Análisis del ciclo de vida como instrumento de desarrollo de la ecología industrial: Aplicación al proceso de impresión de un periódico* [Universidad de las Palmas de Gran Canaria]. Tesis doctoral.
<https://accedacris.ulpgc.es/jspui/handle/10553/12992>
- Acuerdo Ministerial No. 098, 17 (2015). <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-098.pdf>
- Acuerdo Ministerial No. 061. REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA, 80 (2015).
https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_acuerdo-ministerial-061.pdf
- MAATE. (2016). 1.500.000 unidades de neumáticos fuera de uso se recuperaron en

Ecuador en dos años – Ministerio del Ambiente y Agua. Ministerio del Ambiente y Agua. <https://www.ambiente.gob.ec/1-500-000-unidades-de-neumaticos-fuera-de-uso-se-recuperaron-en-ecuador-en-dos-anos/>

MAATE. (2018). *LISTADO NACIONAL SUSTANCIAS QUIMICAS PELIGROSAS*

DESECHOS PELIGROSOS. Ministerio del Ambiente y Agua.

<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/Acuerdo-142-2012-Listado-Nacional-de-Sustancias-Quimicas-Peligrosas.pdf>

Macuil, J. (2021, marzo 8). ¿Qué es una mangueta y cuál es su función? *Automexico.*

<https://automexico.com/mantenimiento/mangueta-que-es-y-cual-es-su-funcion-aid11752>

Márquez, L. (2021). *Potenciales impactos ambientales negativos generados en el análisis*

del ciclo de vida del biocombustible 2,5 dimetilfurano, obtenido a partir de residuos de cabuya (Agave americana L.) [Universidad Científica del Sur].

<https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/2142/TL-Marquez%20L-Ext.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martínez, J. D. (2021). An overview of the end-of-life tires status in some Latin American countries: Proposing pyrolysis for a circular economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 144*, 111032.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111032>

Martinez, P. (2016). *PROPUESTA DE MANEJO PARA LOS NEUMÁTICOS DESECHADOS*

POR LA EMPRESA NOROCCIDENTAL [Universidad Tecnológica Equinoccial].

http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/13915/1/66058_1.pdf

Meza Lay, A. G. (2015). *Propuesta de manejo de neumáticos usados en la ciudad de*

Quevedo [Universidad Técnica Estatal de Quevedo].

<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/278/1/T-UTEQ-0005.pdf>

Moscoso, F. (2010). *Manual de Especificaciones Técnicas y Estándares de Trabajo para el*

Reencauche de Neumáticos. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/625>

MPCEIP. (2020). *Registro de Empresas Reencauchadoras.* Ministerio de Producción

Comercio Exterior Inversiones y Pesca. <https://www.produccion.gob.ec/registro-de-empresas-reencauchadoras/>

Muchangos, L., Tokai, A., & Hanashima, A. (2017). Application of material flow analysis to municipal solid waste in Maputo City, Mozambique. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 35(3), 253-266.
<https://doi.org/10.1177/0734242X16678067>

Muñoz Pérez, S., Vidaurre Valdera, J., Gavidia Paredes, R., & Asenjo Bustamante, J. (2021). USO DEL CAUCHO DE NEUMÁTICOS TRITURADOS Y APLICADOS AL CONCRETO: UNA REVISIÓN LITERARIA. *Revista de Investigación Talentos*, 8(1), 36-51. <https://doi.org/10.33789/talentos.8.1.142>

Neskovic, D., Stevanovic, H., Bjelic, D., Stojanovic, L., Ilic, P., Sobot, Z., & Kikanovic, O. (2018). Using Material Flow Analysis for WasteManagement Planning. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(1), 255-265. <https://doi.org/10.15244/pjoes/78621>

Nzeadibe, T. C. (2009). Solid waste reforms and informal recycling in Enugu urban area, Nigeria. *Habitat International*, 33(1), 93-99.
<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2008.05.006>

Oliveira, S. (2013). *Comparación de Inventarios de Ciclo de Vida de cultivos ecológicos en Catalunya y base de datos Ecoinvent y repercusión en el análisis del impacto. Caso de estudio: Cultivo de trigo ecológico*. [Universidad de Barcelona].
<http://www.ub.edu/masterae/wp-content/uploads/2014/05/GENERICO-GN17.pdf>

Park, J., Díaz-Posada, N., & Mejía-Dugand, S. (2018). Challenges in implementing the extended producer responsibility in an emerging economy: The end-of-life tire management in Colombia. *Journal of Cleaner Production*, 189, 754-762.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.058>

Parra, F. (2019). *Estadística y Machine Learning con R*.
<https://bookdown.org/content/2274/agrupacion-de-la-informacion.html>

Peláez Arroyave, G. J., Velásquez Restrepo, S. M., & Giraldo Vásquez, D. H. (2017).

[Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura. *Ciencia e Ingeniería*](#)

Neogranadina, 27(2), 27-50. <https://doi.org/10.18359/rcin.2143>

Pérez, R., & Saiz, L. (2018). *Reciclado de neumáticos: Transformación de un residuo en un recurso*. 115(730), 8.

Posso, M., & Buenaño, M. (2014). *Estudio del sector productivo automotriz del reciclaje de neumáticos usados para la implementación en la matriz productiva del Ecuador*. 76.

Programas Ambientales UMB Virtual. (2019, abril 12). *Metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental*. <https://www.youtube.com/watch?v=LcG7QeoPHeA>

Quinapallo García, C. M., Méndez Encalada, E., Aguilar Echeverría, B. A., Benalcázar Hidalgo, G. S., & Macías Mendoza, L. F. (2022). Ecuador y su interés en la importación de láminas de caucho peruano. *Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, 6(43), 355-366.

Quintanilla Salcedo, J. D. (2014). *Diseño y construcción de una máquina de disco de diamante cortadora de neumáticos fuera de uso, en el recinto "Las cucharas" del cantón El Empalme, provincia del Guayas, año 2014* [Universidad Técnica Estatal de Queved]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/318/1/T-UTEQ-0003.pdf>

Ramos, X. (2021, febrero 21). *Más de tres millones de llantas usadas han sido recicladas y reutilizadas en Ecuador desde el 2018*. El Universo.

<https://www.eluniverso.com/larevista/ecologia/mas-de-tres-millones-de-llantas-usadas-han-sido-recicladas-y-reutilizadas-en-ecuador-desde-el-2018-nota/>

Rodríguez, A. (2020, diciembre 21). ¿Qué son los soportes del motor y cuándo deben cambiarse? *Siempre Auto*. <https://siempreauto.com/que-son-los-soportes-del-motor-y-cuando-deben-cambiarse/>

Salazar, D., & Buenaño, M. (2017). *INTERNACIONALIZACIÓN DE NEUMÁTICOS USADOS PARA SER REUTILIZADOS O EXTRAIDOS COMO MATERÍA PRIMA*

AUTORES:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20403/1/Tesis%20Final%20D.S.%20y%20J.I..pdf>

Sananes Zrihen, R. (2016). *Plan Estratégico y Táctico de Marketing 2017-2019 para*

Gruhme [Universidad de las Palmas de Gran Canaria].

https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/23889/4/Sananes_%20Zrihen_%20Rut.pdf

Sánchez, I. (2017). *DIAGNÓSTICO DE SUSTENTABILIDAD DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO*. <https://rechile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/06/8.-Diagnostico-de-sustentabilidad-de-NFU.-Amphos21-2017.pdf>

Sánchez, N. (2017). *Estimación de las condiciones de trabajo del neumático mediante extensimetría y lógica difusa* [Universidad Carlos III de Madrid]. https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/27893/TFG_Noelia_SanchezDeRojas_Fernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sandoval, V. P., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 15, 85-95.

Sanmartín, G., Zhigue, R., & Alaña, T. (2017). *EL RECICLAJE: UN NICHOS DE INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO CON ENFOQUE AMBIENTALISTA*. 9(1), 5.

Sebola, M. R., Mativenga, P. T., & Pretorius, J. (2018). A Benchmark Study of Waste Tyre Recycling in South Africa to European Union Practice. *Procedia CIRP*, 69, 950-955. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.137>

SEGINUS. (2021). Seginus. *SAMBITO*. <https://sambito.com.ec/seginus/>

Segovia, E., & Paco, A. (2020). *Análisis del aprovechamiento de neumáticos reciclados usados como aditivo en el asfalto* [Universidad Católica San Pablo]. https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16229/1/SEGOVIA_CARHUAS_EST_NEU.pdf

Segura, Á. M., Rojas, L. A., & Pulido, Y. A. (2020). *Referentes mundiales en sistemas de gestión de residuos sólidos*. 41(17), 22.

SEPS. (2020). *ASOCIACIÓN DE ARTESANOS RECICLADORES DEL CAUCHO CUENCA ASOCAUCUE*. Superintendencia de Economía Popular y Solidaria. <http://www.seps.gob.ec/interna-npe?31148>

[Shanbag, A., & Manjare, S. \(2020\). Life Cycle Assessment of Tyre Manufacturing Process.](#)

Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems,
8(1), 22-34. <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d7.0260>

Soto, D., & Toro, A. (2019). *Factores de riesgo para la salud y seguridad de trabajadores de un centro de reciclaje de la ciudad en Soacha* [Fundación Universitaria San Mateo].
<http://caoba.sanmateo.edu.co/jspui/handle/123456789/107>

Soto Gómez, D. C. (2019). *Guía metodológica para el Estudio de Impactos Ambientales (EsIA) en proyectos agrícolas* [Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia].
https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2812/1/TGT_1416.pdf

Spiegato. (2021, mayo 30). *¿Qué es un resorte de hoja? - Spiegato*.
<https://spiegato.com/es/que-es-un-resorte-de-hoja>

Symeonides, D., Loizia, P., & Zorpas, A. A. (2019). Tire waste management system in Cyprus in the framework of circular economy strategy. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(35), 35445-35460. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05131-z>

Tejela. (2013). *El caucho de neumáticos fuera de uso en carreteras*. Interempresas.
<https://www.interempresas.net/Automocion/Articulos/109593-El-caucho-de-neumaticos-fuera-de-uso-en-carreteras.html>

Tipán Tapia, L. A. (2019). *Modelo de gestión de responsabilidad social organizacional en el reciclaje de neumáticos fuera de uso para las Fuerzas Armadas del Ecuador* [Universidad Nacional de la Plata]. <http://catalogo.econo.unlp.edu.ar/meran/opac-detail.pl?id1=20429#.YyJIDXbMLIU>

Torretta, V., Rada, E. C., Ragazzi, M., Trulli, E., Istrate, I. A., & Cioca, L. I. (2015). Treatment and disposal of tyres: Two EU approaches. A review. *Waste Management*, 45, 152-160. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.04.018>

Tsang, H.-H. (2013). *Uses of scrap rubber tires*. Nova Science Publishers.
https://www.researchgate.net/publication/282180281_Uses_of_scrap_rubber_tires

Varela-Ruiz, M., Díaz-Bravo, L., & García-Durán, R. (2012). Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud. *Investigación en educación médica*,

Vázquez-Valencia, R. A., & García Almada, R. M. (2018). Indicadores PER y FPEIR para el análisis de la sustentabilidad en el municipio de Cihuatlán, Jalisco, México. *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 27, 1-26.

<https://doi.org/10.20983/noesis.2018.3.1>

Vega, M. (2020). *Iniciativas nacionales para el reciclaje de llantas usadas en Colombia* [FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMÉRICA].

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7844/1/233203-2020-I-GA.pdf>

Vicente, I. (2017). Las “Rs” olvidadas | Eco-Circular.com: Noticias de economía circular. *Eco circular*. <https://eco-circular.com/2017/02/13/las-rs-olvidadas/>

Viera, A. (2011). *Gestion Ambiental del proyecto reuso artesanal de neumaticos* [Universidad Internacional SEK].

<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/88/1/Gestion%20Ambiental%20del%20proyecto%20reuso%20artesanal%20de%20neumaticos.pdf>

Waheed, B., Khan, F., & Veitch, B. (2009). Linkage-Based Frameworks for Sustainability Assessment: Making a Case for Driving Force-Pressure-State-Exposure-Effect-Action (DPSEEA) Frameworks. *Sustainability*, 1(3), 441-463.

<https://doi.org/10.3390/su1030441>

Wilson, D. C., Velis, C., & Cheeseman, C. (2006). Role of informal sector recycling in waste management in developing countries. *Habitat International*, 30(4), 797-808.

<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2005.09.005>

Zaccariello, L., Cremiato, R., & Mastellone, M. L. (2015). Evaluation of municipal solid waste management performance by material flow analysis: Theoretical approach and case study. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 33(10), 871-885. <https://doi.org/10.1177/0734242X15595284>

11. Anexos

Anexo 1. Registro fotográfico del Taller “El rol de los Artesanos del Caucho de Cuenca de neumáticos: Perspectivas y desafíos”

Figura 46

Primer momento del taller: Trabajo lúdico con los Artesanos



Figura 47

Primer momento del taller: Exposición de los Artesanos del caucho



Figura 48

Segundo momento del taller: Intervención de las autoridades de regulación



Figura 49

Tercer momento del taller: Diálogo entre actores



Anexo 2. Variables generales, intermedias y empíricas

Variable General	Variable intermedia	Variable empírica	
Información general de informante	Datos generales de entrevistado	Información general	
		Formas de aprovisionamiento de NFU	
Preprocesamiento	Materia prima	Fuentes de materia prima	
		Localización de las fuentes de materia prima	
		Tipo de materia prima	
		Cantidad de materia prima	
		Frecuencia de adquisición de materia prima	
	Almacenamiento	Almacenamiento	Clasificación de la materia prima
			Almacenamiento de NFU
			Cantidad de NFU almacenados
			Tiempo de residencia de la materia prima en stock
			Tiempo de residencia de la materia prima en stock
Proceso productivo	Elaboración	Tipos de productos elaborados	
		Tipo de NFU empleado	
		Procesos empleados	
		Materiales utilizados en los procesos	
		Número de productos elaborados al mes	
	Comercialización	Comercialización	Tiempo de elaboración
			Lugar de comercio
			Número de productos vendidos al mes
			Precio de los productos
			Clientes

Variable General	Variable intermedia	Variable empírica
Generación y disposición de residuos	Generación de residuos	Procesos generadores de residuos
		Cantidad de residuos generados
		Tipos de residuos
	Disposición de residuos	Manejo y disposición de los residuos
		Cantidad de residuos dispuestos
		Reutilización de residuos
		Tipo de residuos reutilizables
		Cantidad de residuos reutilizables

Anexo 3. Modelo del instrumento de investigación

UNIVERSIDAD DE CUENCA			
Encuesta Diagnóstico Socio-Ambiental del sector cauchero en el área urbana de Cuenca			Fecha
Comisión de Gestión Ambiental "CGA"- Economía Circular Inclusiva "ECI"			Ficha
Buenos días/tardes. La presente encuesta tiene por objetivo recabar información sobre el diagnóstico socio ambiental del sector de neumáticos usados (NU) de la zona urbana del cantón Cuenca. Su participación permitirá analizar el impacto socio-ambiental del ciclo de vida de los neumáticos. Sus respuestas son confidenciales y serán utilizadas con fines académicos.			
Confirmando que estoy de acuerdo con participar de esta encuesta			SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
DATOS GENERALES			
Nombres y apellidos del informante _____		Teléfono _____	Dirección de domicilio _____
Ubicación del lugar de trabajo _____		Correo electrónico _____	
INFORMACIÓN SOCIODEMOGRÁFICA Y SOCIOECONÓMICA			
1. Género Hombre <input type="checkbox"/> Mujer <input type="checkbox"/>	3. Número de integrantes del hogar (incluido usted) _____ 4. Jefe de familia Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Pase a la 5	5. Relación con el Jefe de hogar: Cónyuge <input type="checkbox"/> Hijo/a <input type="checkbox"/> Padre/Madre <input type="checkbox"/> Yerno/Nuera <input type="checkbox"/> Suegro/Suegra <input type="checkbox"/> Nieto/Nieta <input type="checkbox"/> Otro/Especifique <input type="checkbox"/>	6. Ocupación actual Estudiante <input type="checkbox"/> Empleado público <input type="checkbox"/> Empleado privado <input type="checkbox"/> Profesional independiente <input type="checkbox"/> Jubilado <input type="checkbox"/>
2. Edad _____		7. Instrucción del entrevistado Primaria <input type="checkbox"/> Secundaria <input type="checkbox"/> Tercer nivel <input type="checkbox"/> Cuarto nivel <input type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>	8. ¿Usted sabe leer y escribir? Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
9. Usted o algún miembro del hogar recibió de manera regular: Bono de desarrollo humano <input type="checkbox"/> Bono por cuidar a una persona discapacitada <input type="checkbox"/> Pensión para adultos mayores <input type="checkbox"/> Bono por discapacidad <input type="checkbox"/> Bono de reciclaje <input type="checkbox"/> Kit de alimentación <input type="checkbox"/> Otro ¿Cuál? <input type="checkbox"/>	10. ¿Cuánto tiempo lleva viviendo en su vivienda actual? _____	11. Tipo de vivienda Casa <input type="checkbox"/> Departamento <input type="checkbox"/> Media agua <input type="checkbox"/> Cuarto en casa de inquilinato <input type="checkbox"/> Rancho <input type="checkbox"/> Cobacha <input type="checkbox"/> Chocha <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>	12. Tenencia de la vivienda Arrendada <input type="checkbox"/> Propia pagada <input type="checkbox"/> Propia y la está pagando <input type="checkbox"/> Prestada o cedida <input type="checkbox"/> Recibida por servicios <input type="checkbox"/> Otra (especifique) <input type="checkbox"/>
13. ¿Cuántos cuartos dispone este hogar? _____			
14. Su vivienda cuenta con servicios básicos tales como: Agua potable <input type="checkbox"/> Energía eléctrica <input type="checkbox"/> Alcantarillado <input type="checkbox"/> Servicios higiénicos <input type="checkbox"/> Recolección de basura <input type="checkbox"/> Servicio de internet <input type="checkbox"/> Otros/ ¿cuáles: telefonía, tvcable? <input type="checkbox"/>	15. El hogar dispone de Vehículo <input type="checkbox"/> Motocicleta <input type="checkbox"/> Computadora <input type="checkbox"/> Televisión por cable <input type="checkbox"/> Lavadora de ropa <input type="checkbox"/> Secadora de ropa <input type="checkbox"/> Sistema de agua caliente para ducha <input type="checkbox"/>	16. En la parroquia donde habita existe: Centros de salud <input type="checkbox"/> Escuelas o colegios <input type="checkbox"/> Servicio de bus <input type="checkbox"/> Unidad de policía comunitaria <input type="checkbox"/>	17. Durante los últimos 5 años, ¿uno o más miembros del hogar han viajado a otro país, y todavía no regresan Si <input type="checkbox"/> ¿Cuántos? _____ No <input type="checkbox"/>

INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO																					
E1. ¿Cómo nace su actividad? ¿Cómo nace su interés para realizar esa actividad? ¿Cuál ha sido el desarrollo desde su creación?			20. Su establecimiento cuenta con servicios básicos tales como:					21. ¿Cuántos años lleva en funcionamiento?													
18. Nombre comercial:			Agua potable					_____													
19. Ubicación geográfica:			Energía eléctrica					22. Aparte de usted ¿Cuántos trabajadores laboran en su establecimiento?													
Parroquia: _____			Alcantarillado					_____													
Sector: _____			Servicios higiénicos					E2. ¿Quién se encarga de la administración del local? ¿Quién dirige el local?													
calles: _____			Recolección de basura					E3. Para el desarrollo de su actividad ¿Ha tenido que realizar algún crédito?													
			Servicio de internet																		
			Otros/ ¿cuáles: telefonía, tv cable?																		
24. Características de los trabajadores																					
Número de trabajadores	Edad	Nacionalidad	Género		Instrucción					¿Sabe leer y escribir?		Identificación según cultura y costumbres									
			M	F	Primaria	Secundaria	Tercer nivel	Cuarto nivel	Ninguna	SI	NO	Indígena	Afroecuat/oriana/a	Negro/a	Mulato/a	Mestizo/a	Mestizo/a	Blanco/a	Otro		
T1																					
T2																					
T3																					
T4																					
T5																					
T6																					
T7																					
T8																					
T9																					
T10																					
PREPROCESAMIENTO																					
25. ¿Cómo obtiene los NU?			26. Para aprovisionarse de NU usted:			28. ¿Usted almacena los NU?			31. ¿Cuál es el área total destinada para el almacenamiento de neumáticos?												
Compra <input type="checkbox"/>			Los recibe en su establecimiento <input type="checkbox"/>			Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			_____												
Donación <input type="checkbox"/>			Sale a recolectarlos <input type="checkbox"/>			29. ¿Almacena todo en un mismo lugar?			32. ¿Cuántas unidades de NU en total son almacenadas en su depósito al mes?												
Otros (especifique) _____			27. ¿De qué lugares llegan los NU?			Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			_____												
25a. ¿Cuánto paga por cada NU?			_____			30. ¿Cuántos lugares de almacenamiento tiene?			_____												
_____			_____			_____			_____												
33. De los siguientes tipos de NU, seleccione el que corresponda al tipo de material que adquiere			33a. ¿Cuántas unidades de NU adquiere según la fuente y			33b. ¿Con qué frecuencia			33c. ¿Cuánto tiempo			34. ¿Los NU receptados son									
Si No			Productores Importadores Comerciantes y distribuidores Vulcanizadoras Reencaudador Técnicos Gestores EMAC Artesanos Otro (especifique)			Semanal Quincenal Mensual Trimestral Otro (especifique) Una semana Una quincena Un mes Otro (especifique)			Si No												
Neumáticos radiales para automóvil												_____									
Neumáticos radiales para camionetas												_____									
Neumáticos radiales para camión												_____									
Neumáticos convencionales para camionetas												_____									
Otros (especifique)												_____									
35. ¿Cuáles son los usos que les da a los NU y cuántas unidades se destinan a dichos usos mensualmente?																					
Aptos para manufactura			Aptos para trituración			NU no aprovechables			Aptos para reencauche			Otros									
Si No Unidades			Si No Unidades			Si No Unidades			Si No Unidades			Si No Unidades									
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>									

Proceso productivo																								
36. ¿Qué productos elabora?	36a. ¿Usa un tipo de NU especial para elaborar este tipo de productos? ¿Cuántas unidades?					36b. ¿Cuánto tiempo emplea en elaborar un producto?			36c. ¿Qué materiales adicionales utiliza en la elaboración de estos productos? ¿Qué cantidad de cada uno?			36d. ¿Cuántos productos elabora al mes?		36e. ¿Cuál es el precio por unidad en el que usted vende sus productos?		36f. ¿Cómo vende sus productos?		36g. ¿Cuántos productos vende al mes?		36h. Los procesos que realiza son:				
	NUR* para automóvil	NUR* para camionetas	NUR* para camión	NUR* para camionetas	Otro (especifique)	Una semana	Una quincena	Un mes	Otro (especifique)				0-25	De \$ 1 a 5	\$ 5-10	\$ 10-30	\$ 30-50	Otro (especifique)	En el establecimiento	Envía a los clientes		Manuales	Con máquina	Mixtos
Macetas																								
Muebles																								
Repuestos para carros																								
Gránulos de caucho																								
Bebederos																								
Otros, especifique																								

37. De acuerdo al tipo de artesanías que usted elabora:

37A. Macetas																	
¿Qué procesos emplea?	En promedio, ¿cuál es el porcentaje de NU que entra a cada etapa de los procesos?				¿En qué proceso genera residuos?		¿Que tipo de residuo genera? ¿Cuánto al mes?			Los residuos generados ¿los reutiliza en alguna etapa de los procesos? ¿en cuales?		¿Qué tipo de residuos reutiliza en dichos procesos?		Indique la cantidad de residuos reutilizados en cada proceso			
	Si	No	Cantidad	Unidad	Si	No	NU no aprovechables	Fragmentos de caucho	Fragmentos de acero	Otros ¿Cuales?	Si	No	NU no aprovechables	Fragmentos de caucho	Fragmentos de acero	Otros ¿Cuales?	Cantidad
Recepción / Recolección																	
Almacenamiento																	
Corte																	
Vóleo																	
Moldeamiento																	
Ensamblaje																	
Pintado																	
Decoración																	
Comercialización																	

37B. Muebles																	
¿Qué procesos emplea?	En promedio, ¿cuál es la masa o porcentaje de NU que entra a cada etapa de los procesos?				¿En qué proceso genera residuos?		¿Que tipo de residuo genera? ¿Cuánto al mes?			Los residuos generados ¿los reutiliza en alguna etapa de los procesos? ¿en cuales?		¿Qué tipo de residuos reutiliza en dichos procesos?		Indique la cantidad de residuos reutilizados en cada proceso			
	Si	No	Cantidad	Unidad	Si	No	NU no aprovechables	Fragmentos de caucho	Fragmentos de acero	Otros ¿Cuales?	Si	No	NU no aprovechables	Fragmentos de caucho	Fragmentos de acero	Otros ¿Cuales?	Cantidad
Recepción / Recolección																	
Almacenamiento																	
Corte																	
Ensamblaje																	
Pintado																	
Decoración																	
Comercialización																	

37C. Repuestos de vehículos																		
¿Qué procesos emplea?	En promedio, ¿cuál es la masa o porcentaje de NU que entra a cada etapa de los procesos?		¿En qué proceso genera residuos?		¿Qué tipo de residuo genera? ¿Cuánto al mes?				Los residuos generados ¿los reutiliza en alguna etapa de los procesos? ¿en cuales?		¿Qué tipo de residuos reutiliza en dichos procesos?			Indique la cantidad de residuos reutilizados en cada proceso				
	Si	No	Cantidad	Unidad	Si	No	NU no aprovechables	Fragmentos	Fragmentos	Otros ¿Cuáles?	Si	No	NU no aprovechables	Fragmentos	Fragmentos	Otros ¿Cuáles?	Cantidad	Unidad
	Recepción / Recolección																	
Almacenamiento																		
Corte manual																		
Corte con máquinas																		
Emparejado																		
Huequeado																		
Comercialización																		

37D. Gránulos (trituración) de caucho																		
¿Qué procesos emplea?	En promedio, ¿cuál es la masa o porcentaje de NU que entra a cada etapa de los procesos?		¿En qué proceso genera residuos?		¿Qué tipo de residuo genera? ¿Cuánto al mes?				Los residuos generados ¿los reutiliza en alguna etapa de los procesos? ¿en cuales?		¿Qué tipo de residuos reutiliza en dichos procesos?			Indique la cantidad de residuos reutilizados en cada proceso				
	Si	No	Cantidad	Unidad	Si	No	NU no aprovechables	Fragmentos de caucho	Fragmentos de acero	Otros ¿Cuáles?	Si	No	NU no aprovechables	Fragmentos de caucho	Fragmentos de acero	Otros ¿Cuáles?	Cantidad	Unidad
	Recepción / Recolección																	
Almacenamiento																		
Trituración																		
Tamizado																		
Empaquetado																		
Comercialización																		

E4. Luego de la trituración, ¿A qué usos se destina el caucho triturado, normalmente? ¿A quién comercializa el material triturado?

E5. ¿Cuántos centros de compra tiene para expendir el material triturado?

37E. Bebederos																		
¿Qué procesos emplea?	En promedio, ¿cuál es la masa o porcentaje de NU que entra a cada etapa de los procesos?		¿En qué proceso genera residuos?		¿Qué tipo de residuo genera? ¿Cuánto al mes?				Los residuos generados ¿los reutiliza en alguna etapa de los procesos? ¿en cuales?		¿Qué tipo de residuos reutiliza en dichos procesos?			Indique la cantidad de residuos reutilizados en cada proceso				
	Si	No	Cantidad	Unidad	Si	No	NU no aprovechables	Fragmentos de caucho	Fragmentos de acero	Otros ¿Cuáles?	Si	No	NU no aprovechables	Fragmentos de caucho	Fragmentos de acero	Otros ¿Cuáles?	Cantidad	Unidad
	Recepción / Recolección																	
Almacenamiento																		
Corte																		
Ensamblaje																		
Comercialización																		

¿Cuántos repuestos elabora al mes?

	U/mes
Barras estabilizadoras	
Paquetes	
Bases de suspensión	
Bases de motor	
Espirales	
Bandas	
Entre hojas	
Templadores	
Bridas	
Topes	
Escapes	
Conos	
Amortiguadores	
Peras	

37F. Tiras de tapizado																		
¿Qué procesos emplea?	En promedio, ¿cuál es la masa o porcentaje de NU que entra a cada etapa de los procesos?		¿En qué proceso genera residuos?		¿Que tipo de residuo genera? ¿Cuánto al mes?				Los residuos generados ¿los reutiliza en alguna etapa de los procesos? ¿en cuales?		¿Qué tipo de residuos reutiliza en dichos procesos?				Indique la cantidad de residuos reutilizados en cada proceso			
	Si	No	Cantidad	Unidad	Si	No	NU no aprovechables	Fragmentos de caucho	Fragmentos de acero	Otros ¿Cuáles?	Si	No	NU no aprovechables	Fragmentos de caucho	Fragmentos de acero	Otros ¿Cuáles?	Cantidad	Unidad
Recepción / Recolección																		
Almacenamiento																		
Corte																		
Comercialización																		

MANEJO DE RESIDUOS

38. Según cada producto ¿Qué cantidad de residuos envía a cada destino?

	Envía a un gestor	Envía a un recolector de	Envía a trituración	Otros	En caso de ser de más de
Macetas					
Muebles					
Repuestos					
Triturado					
Bebederos					
Tiras					

Agradecemos su participación de la presente encuesta. Le recordamos que la información es confidencial y será utilizada para fines investigativos.

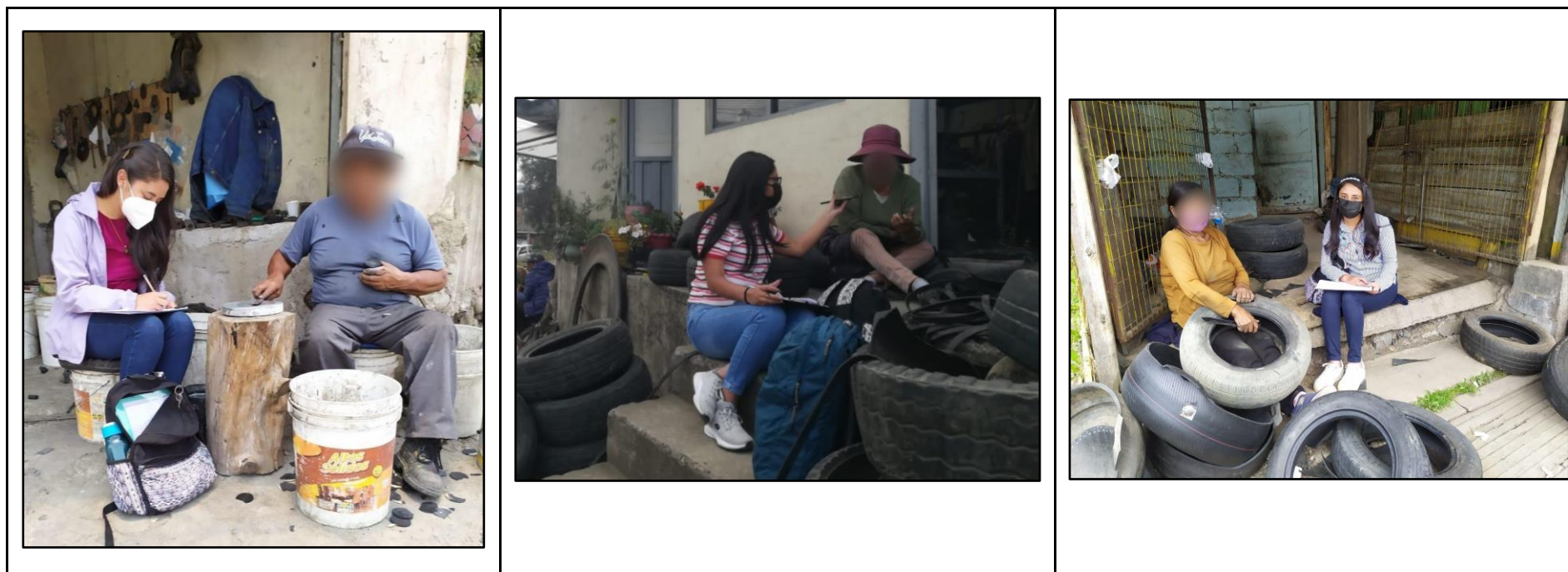
DATOS A SER LLENADO POR EL ENCUESTADOR

Lugar de aplicación de encuesta: _____	Nombre de Encuestador: _____	CI: _____	Encuesta Efectiva Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
---	---------------------------------	--------------	--

Anexo 4. Registro fotográfico del levantamiento de información

Figura 50

Aplicación del instrumento de investigación



Anexo 5. Unidades de NFU receptadas, aprovechadas y exportadas

Anexo 5a. Unidades de NFUR receptadas, aprovechadas y exportadas

Unidades mensuales de NFUR receptadas, aprovechadas y exportadas													
	jul. 2021	agt. 2021	sept. 2021	oct. 2021	nov. 2021	dic. 2021	en. 2022	febr. 2022	mar. 2022	abr. 2022	may. 2022	jun. 2022	Total de NFUR /año
NFUR receptados	15488	14160	14381	13275	13275	14160	15266	15488	15709	16151	16373	16594	180319
Bebederos	2673	2511	2430	2430	2147	2147	2187	1985	1782	2147	2187	2754	27 378
Macetas	34	34	48	18	18	43	18	18	18	18	72	72	410
Muebles	4	4	4	24	24	12	4	4	4	4	4	4	92
Trituración	9150	9150	9760	10 065	10 370	10 065	11 590	11 895	11 590	12 048	12 048	12 200	129 930
Flujo de exportación	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	18 000
Flujo a EMAC	95	95	95	95	95	95	0	0	0	0	0	0	570

Anexo 5b. Unidades de NFUC receiptadas, aprovechadas y exportadas

Unidades mensuales de NFUC receiptadas, aprovechadas y exportadas													
Producto	jul. 2021	agt. 2021	sept. 2021	oct. 2021	nov. 2021	dic. 2021	en. 2022	febr. 2022	mar. 2022	abr. 2022	may. 2022	jun. 2022	Total de NFUC/año
NFUC receiptados	1722	1665	1722	1607	1607	1579	1579	1550	1550	1550	1550	1579	19 258
Repuestos	1445	1290	1445	1548	1548	1367	1651	1548	1548	1548	1548	1393	17 879
Tiras	137	114	114	105	105	105	91	91	96	107	107	110	1283
Flujo de exportación	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
Flujo a EMAC	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	0	0	0	0	0	0	49

Anexo 6. Cálculo de los coeficientes de transferencia

Bebederos																
Procesos	Porcentaje entrante de NFUR por unidad	Porcentaje entrante de NFUC por unidad	Porcentaje de residuos generados	Peso por porcentaje de NFUR por unidad (Ton)	Peso por porcentaje de NFUC por unidad (Ton)	Peso de entradas (Ton/año)			Peso de salidas (Ton/año)			Coeficientes de transferencia				
						Peso de entrada de NFUR total (Ton/año)	Peso de entrada de NFUC total (Ton/año)	Peso total de entradas (Ton/año)	Peso de residuos del total de NFUR (Ton/año)	Peso de residuos del total de NFUC (Ton/año)	Peso total de residuos (Ton/año)	Coeficientes de transferencia de proceso	Coeficientes de transferencia de residuos	Coeficientes de transferencia de residuos enviados a Disposición final	Coeficientes de transferencia de residuos enviados a trituración	Coeficientes de transferencia de residuos enviados a tiras
Recepción / Recolección de los NFU	100	0	0	0,00898	0	245,85	0	245,85	0	0	0	1	0			
Almacenamiento	100	0	0	0,00898	0	245,85	0	245,85	0	0	0	1	0			
Corte	100	0	14,16	0,00898	0	245,85	0	245,85	34,81	0	34,81	1	0			
Ensamblaje	85,84	0	0	0,00771	0	211,04	0	211,04	0	0	0	0,858	0,142	0,006	0,099	0,037
Comercialización	85,84	0	0	0,00771	0	211,04	0	211,04	0	0	0					

Tiras para tapizado															
Procesos	Porcentaje entrante de NFUR por unidad	Porcentaje entrante de NFUC por unidad	Porcentaje de residuos generados	Peso por porcentaje de NFUR por unidad (Ton)	Peso por porcentaje de NFUC por unidad (Ton)	Peso de entradas (Ton/año)			Peso de salidas (Ton/año)			Coeficientes de transferencia			
						Peso de entrada de NFUR total (Ton/año)	Peso de entrada de NFUC total (Ton/año)	Peso total de entradas (Ton/año)	Peso de residuos del total de NFUR (Ton/año)	Peso de residuos del total de NFUC (Ton/año)	Peso total de residuos (Ton/año)	Coeficientes de transferencia por proceso	Coeficientes de transferencia de residuos	Coeficientes de transferencia de residuos enviados a Disposición final	Coeficientes de transferencia de residuos enviados a trituración
Recepción / Recolección de los NFU	100	0	0	0,00898	0	0	11,523	11,523	0	0	0	1	0		
Almacenamiento	100	0	0	0,00898	0	0	11,523	11,523	0	0	0	1	0		
Corte	100	0	30	0,00898	0,0182	0	11,523	11,523	0	3,457	3,457	1	0		
Comercialización	70	0	0	0,006286	0	0	8,066	8,066	0	0	0	0,7	0,3	0	0,3

Macetas															
Procesos	Porcentaje entrante de NFUR por unidad	Porcentaje entrante de NFUC por unidad	Porcentaje de residuos generados	Peso por porcentaje de NFUR por unidad (Ton)	Peso por porcentaje de NFUC por unidad (Ton)	Peso de entradas (Ton/año)			Peso de salidas (Ton/año)			Coeficientes de transferencia			
						Peso de entrada de NFUR total (Ton/año)	Peso de entrada de NFUC total (Ton/año)	Peso total de entradas (Ton/año)	Peso de residuos del total de NFUR (Ton/año)	Peso de residuos del total de NFUC (Ton/año)	Peso total de residuos (Ton/año)	Coeficientes de transferencia por proceso	Coeficientes de transferencia de residuos	Coeficientes de transferencia de residuos enviados a Disposición final	Coeficientes de transferencia de residuos enviados a trituración
Recepción / Recolección de los NFU	100	0	0	0,00898	0,0608	3,685	0	3,685	0	0	0	1	0		
Almacenamiento	100	0	0	0,00898	0,0608	3,685	0	3,685	0	0	0	1	0		
Volteo	100	0	0	0,00898	0,0608	3,685	0	3,685	0	0	0	1	0		
Corte	100	0	13	0,00898	0,0608	3,685	0	3,685	0,4791	0	0,479	1	0		
Moldeamiento	85	0	0	0,00763	0,0517	3,133	0	3,133	0	0	0	0,85	0,15	0,005	0,145
Ensamblaje	85	0	0	0,00763	0,0517	3,133	0	3,133	0	0	0				
Pintado	85	0	0	0,00763	0,0517	3,133	0	3,133	0	0	0				
Decoración	85	0	0	0,00763	0,0517	3,133	0	3,133	0	0	0				
Comercialización	85	0	0	0,00763	0,0517	3,133	0	3,133	0	0	0				

Repuestos vehiculares															
Procesos	Porcentaje entrante de NFUR por unidad	Porcentaje entrante de NFUC por unidad	Porcentaje de residuos generados	Peso por porcentaje de NFUR por unidad (Ton)	Peso por porcentaje de NFUC por unidad (Ton/año)	Peso de entradas (Ton/año)			Peso de salidas (Ton/año)			Coeficientes de transferencia			
						Peso de entrada de NFUR total (Ton/año)	Peso de entrada de NFUC total (Ton/año)	Peso total de entradas (Ton/año)	Peso de residuos del total de NFUR (Ton/año)	Peso de residuos del total de NFUC (Ton/año)	Peso total de residuos (Ton/año)	Coeficientes de transferencia por proceso	Coeficientes de transferencia de residuos	Coeficientes de transferencia de residuos enviados a Disposición final	Coeficientes de transferencia de residuos enviados a trituración
Recepción / Recolección de los NU	0	100	0	0	0,06081	0	1087,246	1087,246	0	0	0	1	0	0	0
Almacenamiento	0	100	0	0	0,06081	0	1087,246	1087,246	0	0	0	1	0	0	0
Corte manual	0	100	18,6	0	0,06081	0	1087,246	1087,246	0	202,23	202,23	0,814	0,186	0	0,186
Corte con máquinas	0	81,4	12,13	0	0,04950	0	885,018	885,018	0	107,35	107,35	0,851	0,149	0	0,149
Emparejado	0	69,27	2,87	0	0,04212	0	753,136	753,136	0	21,61	21,61	0,959	0,041	0	0,041
Huequeado	0	66,4	3,57	0	0,04038	0	721,932	721,932	0	25,77	25,77	0,946	0,054	0	0,054

Anexo 7. Registro fotográfico de la ausencia de prácticas de salud y seguridad ocupacional

Figura 51

Registro fotográfico: Ausencia de prácticas de salud y seguridad ocupacional en la elaboración de tiras



Nota: Los artesanos no utilizan equipo de protección, realizan el corte de los NFU en una posición ergonómica inadecuada y carecen de infraestructura mobiliaria que facilite el trabajo artesanal.

Figura 52

Registro fotográfico: ausencia de prácticas de salud y seguridad ocupacional en la elaboración de repuestos vehiculares



Nota: Los artesanos no utilizan equipo de protección, realizan el corte en una posición ergonómica inadecuada y carecen de infraestructura mobiliaria que facilite el trabajo.

Figura 53

Registro fotográfico: ausencia de prácticas de salud y seguridad ocupacional en la elaboración de bebederos



Nota: Los artesanos no utilizan equipo de protección, realizan el corte en una posición ergonómica inadecuada y carecen de infraestructura mobiliaria que facilite el trabajo.

Anexo 8. Matriz de Leopold

Anexo 8a. Matriz de Leopold: Valoración de Impactos

Factores ambientales		Actividades																															
		Recepción/Recolección de NFU		Almacenamiento		Elaboración de bebederos				Elaboración de macetas				Elaboración de muebles				Elaboración de tiras		Elaboración de repuestos vehiculares				Trituración									
		Transporte de NFU	Acopio de NFU	Comercialización de NFU	Envío de NFU a EMAC	Corte	Ensamblaje	Comercialización	Voltaje	Corte	Moldeamiento	Ensamblaje	Pintado	Decoración	Comercialización	Corte	Ensamblaje	Pintado	Decoración	Comercialización	Corte	Comercialización	Corte manual	Corte con máquinas	Emparejado	Huaguado	Comercialización	Corte	Trituración	Almacenamiento	Comercialización		
Atmósfera	Gases	-4	2																														
	Material particulado	-3	2																														
	Ruido y vibraciones																																
Relaciones ecológicas	Vectores sanitarios		-6	6																													
	Residuos sólidos					-8	6																										
Servicios e infraestructura	Tránsito vehicular	-2	-3	1																													
	Incidencia sobre otros servicios				4	5																											
Paisaje	Alteración del entorno		-7	6																													
	Combustibles fósiles	-4	2																														
Uso de recursos naturales	Consumo de energía																																
	Empleo	4	2	2	2									8	3					8	3						8	3				8	3
Socio-económicas-culturales	Incidencia sobre el comercio e industria			2										4	6					1	4						6	6				7	6
	Uso autorizado/oficial del espacio		-7	3																													
	Salud y seguridad	-6	-6	-2																													
		3	3	1																													

Anexo 8b. Matriz de Leopold: Identificación de Impactos

Factores ambientales		Actividades																												Impacto por factores					
		Recepción/Recolección de NFU				Almacenamiento				Elaboración de bebederos				Elaboración de macetas				Elaboración de muebles				Elaboración de tiras				Elaboración de repuestos vehiculares						Trituración			
		Transporte de NFU	Acepto de NFU	Comercialización de NFU	Envío de NFU a EMAC	Corte	Ensamblaje	Comercialización	Volteo	Corte	Moldeado	Ensamblaje	Pintado	Decoración	Comercialización	Corte	Ensamblaje	Pintado	Decoración	Comercialización	Corte	Comercialización	Corte manual	Corte con máquinas	Emparejado	Huequeado	Comercialización	Corte	Trituración			Almacenamiento	Comercialización		
Atmósfera	Gases	-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-8			
	Material particulado	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-12			
	Ruido y vibraciones	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	-1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-11			
Relaciones ecológicas	Vectores sanitarios	0	-36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-36			
	Residuos sólidos	0	0	0	0	-48	0	0	0	-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-54	0	-54	-48	-18	-18	0	0	0	0	0	0	-248		
Servicios e infraestructura	Tránsito vehicular	-2	-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-5			
	Incidencia sobre otros servicios	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20		
Paísaje	Alteración del entorno	0	-42	0	0	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-51			
Uso de recursos naturales	Combustibles fósiles	-8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-8			
	Consumo de energía	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-12	0	-12	-24		
Socio-económicos-culturales	Empleo	4	6	6	0	0	0	24	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	24	0	24	0	0	0	0	24	0	0	0	0	24	0	160		
	Incidencia sobre el comercio e industria	0	0	2	0	0	0	24	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	24	0	0	0	0	36	0	0	0	42	0	136			
	Uso autorizado/oficial del espacio	0	-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-21			
	Salud y seguridad	-18	-18	-2	0	-21	-21	0	-5	-5	-5	-5	-5	-4	0	-3	-3	-3	-3	0	-18	0	-21	-12	-21	-21	0	-12	-9	-9	0	-244			
Impacto por actividad	Negativo	-42	-120	-2	0	-78	-22	0	-5	-13	-5	-6	-5	-4	0	-3	-4	-3	-3	0	-72	0	-75	-78	-39	-39	0	-12	-29	-9	0				
	Positivo	4	6	6	20	0	0	24	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	24	0	24	0	0	0	0	36	0	0	0	42	0	160			

Anexo 9. Validación de expertos

Validación del Ing. Juan Pablo Vega			
Número de estrategia	Adecuación	Factibilidad	Aceptabilidad
1	5	4	5
2	5	3	4
3	5	2	2
4	5	3	5
5	5	3	4
6	4	1	2
7	4	3	4
8	5	2	4
9	4	2	3
10	5	3	3
11	5	3	5

Validación del Ing. Stalyn Macías			
Número de estrategia	Adecuación	Factibilidad	Aceptabilidad
1	5	4	4
2	3	4	4
3	5	4	4
4	5	4	3
5	4	3	3
6	4	3	4
7	5	4	4
8	4	4	4
9	4	4	4
10	5	4	4
11	4	4	3

Validación del Sr. Jorge Saquipay

Número de estrategia	Adecuación	Factibilidad	Aceptabilidad
1	5	5	5
2	5	4	5
3	5	5	5
4	5	5	5
5	5	5	5
6	5	5	5
7	5	5	5
8	5	5	5
9	5	5	5
10	5	5	5
11	5	5	5
