



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE ECONOMÍA

MAESTRÍA EN ECONOMÍA CIRCULAR

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Magíster en economía circular**

***Rueda Verde Riobamba: Impulsando la economía circular y
reduciendo la contaminación ambiental.***

**Fabricio Alejandro Vallejo Mancero
fabricioavm_86@hotmail.com**

**Director: Pablo Chafra Martínez
pchafra328@puce.edu.ec**

Quito, 27 de junio de 2023

Resumen

La economía circular, con sus principios de reducir, reutilizar y reciclar, trae consigo grandes beneficios para la sociedad. En este contexto, este proyecto fue llevado a cabo con el objetivo de abordar la problemática de las llantas en desuso y promover nuevas alternativas de su aprovechamiento basadas en la economía circular para el Municipio de Riobamba, con el fin de reducir la contaminación ambiental, así como generar beneficios económicos y sociales. La relevancia de esta investigación radica en la necesidad de tratar de manera efectiva el manejo de las llantas en desuso, ya que su incorrecta disposición puede generar impactos negativos en el medio ambiente y la salud pública. Para alcanzar este objetivo, se aplicó una metodología de investigación de tipo documental-descriptiva que incluyó el análisis de estudios de caso, revisión de literatura y consulta de fuentes, así como principios de la economía circular. Además, se utilizó la metodología de marco lógico que brindó una estructura sólida y sistemática para la planificación de acciones. Los datos utilizados se obtuvieron de fuentes confiables y actualizadas, como informes gubernamentales y publicaciones científicas. Como resultado de esta investigación, se identificaron cuatro alternativas viables para el municipio de Riobamba: reutilización, reciclaje, valorización energética y diseño circular. Estas alternativas presentan beneficios económicos, sociales y ambientales, contribuyendo a la reducción de residuos, la mejora de la calidad de vida de la comunidad y la promoción de la sostenibilidad.

Palabras clave: Economía circular, contaminación ambiental, llantas en desuso, reutilización, reciclaje, valoración energética, diseño circular.

Rueda Verde Riobamba: Impulsando la economía circular y reduciendo la contaminación ambiental.

Resumen	2
Introducción	5
Planteamiento del problema	5
Objetivos	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos	7
Metodología y datos	8
Marco referencial.....	8
Metodología	8
Capítulo 1: Análisis de la situación actual de la gestión de llantas en desuso en el municipio de Riobamba	9
1.1. Análisis de involucrados.....	9
1.2. Identificación de fuentes de generación de llantas en desuso.....	11
1.3. Evaluación de los sistemas existentes y tratamiento final de llantas en desuso.....	12
1.4. Análisis del problema en el municipio de Riobamba	12
1.5. Análisis de objetivos para el municipio de Riobamba.....	13
Capítulo 2: Propuesta de alternativas de aprovechamiento de llantas en desuso basada en principios de economía circular	14
2.1. Análisis de las alternativas de disposición final de las llantas en desuso	14
2.1.1. Estudios de caso	15
2.1.2. Alternativas de disposición final de llantas en desuso.....	16
2.2. Identificación de alternativas viables para el Municipio de Riobamba.	18
2.3. Matriz de Marco Lógico.....	23
2.4. Mapeo de riesgos y obstáculos para su implementación.	24
2.5. Propuesta de hoja de ruta para la ejecución del proyecto.....	25
Conclusiones y recomendaciones.	26
Conclusiones.....	26
Recomendaciones.....	27
Referencias bibliográficas.....	28

Índice de figuras

Figura 1: Formato general del Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados	8
Figura 2: Árbol de problemas llantas en desuso Municipio de Riobamba	13
Figura 3: Árbol de objetivos llantas en desuso Municipio de Riobamba.....	14
Figura 4: Diagrama de flujo caucho reciclado con llantas en desuso.....	19
Figura 5: Hoja de ruta propuesta para ejecución del proyecto	26

Índice de tablas

Tabla 1: Actores involucrados en la gestión de llantas.....	10
Tabla 2: Análisis de involucrados.....	11
Tabla 3: Alternativas implementadas por cada Municipio	16
Tabla 4: Alternativas para el Municipio de Riobamba	22
Tabla 5: MML alternativas de gestión llantas en desuso Municipio de Riobamba.....	23
Tabla 6: Mapeo de riesgos y obstáculos alternativas de gestión llantas en desuso	25

Introducción

La gestión adecuada de llantas en desuso es un desafío ambiental de gran relevancia en la actualidad. Los neumáticos desechados representan una fuente de contaminación y riesgos para la salud humana y el ecosistema cuando no se manejan de manera adecuada. En este contexto, el Municipio de Riobamba se enfrenta a una problemática significativa relacionada con la gestión inadecuada de llantas en desuso.

El objetivo de este proyecto es analizar y proponer alternativas para mejorar la gestión de las llantas en desuso en el Municipio de Riobamba, teniendo como base los principios de la economía circular. Para ello, se ha realizado un análisis de la situación actual, identificando los problemas centrales, las causas subyacentes y los efectos negativos asociados.

El presente proyecto tiene como finalidad presentar un panorama general de la problemática existente en la gestión de llantas en desuso en el municipio. A través de un enfoque multidimensional, se explorarán las diferentes facetas de este desafío, desde la falta de una normativa local específica hasta la escasez de sistemas de recolección eficientes y la baja conciencia ciudadana.

Asimismo, se examinarán las alternativas existentes para la disposición final de las llantas en desuso, centrándonos en la reutilización, el reciclaje, la valorización energética y el diseño circular. Estas estrategias basadas en la economía circular permiten aprovechar los recursos de manera eficiente, minimizar la generación de residuos y fomentar la sostenibilidad en el ciclo de vida de las llantas.

A lo largo de este proyecto, se presentarán diferentes estudios de caso y experiencias exitosas tanto a nivel nacional como internacional, brindando ejemplos concretos de buenas prácticas en la gestión de llantas en desuso. Estos ejemplos servirán de inspiración para la formulación de propuestas y recomendaciones adaptadas a la realidad del Municipio de Riobamba.

Planteamiento del problema

La gestión inadecuada de las llantas en desuso plantea una problemática social, ambiental y económica importante que demanda la ejecución de estrategias apoyadas en el paradigma de la economía circular. De acuerdo con los datos publicados en 2018 por el Sistema Ecuatoriano de Neumáticos Usados (SEGINUS), una corporación sin fines de lucro formada por varias empresas ecuatorianas y aprobada por el Ministerio del Ambiente, se estima que en Ecuador se demandan alrededor de 4 millones de neumáticos al año, de los cuales se desechan 2.4 millones.

Los riesgos para el medio ambiente incluyen la contaminación del suelo y el agua debido al vertido de sustancias químicas nocivas cuando se acumulan neumáticos usados. Además, estos neumáticos pueden convertirse en criaderos de mosquitos y contribuir a la propagación de enfermedades transmitidas por vectores (Pacheco et al., 2019). Desde el punto de vista económico, la gestión inadecuada impide la utilización de materiales valiosos que se encuentran en los neumáticos, como el caucho y el acero, lo que representa una oportunidad perdida para fortalecer la economía local (Gutiérrez y Ortiz, 2018).

Para manejar este tema, los municipios ecuatorianos cuentan con competencias determinadas en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) y en la Ley Orgánica de Gestión Integral de Residuos (LOGIR), sobre ello, los municipios expiden normativas locales que faciliten el cumplimiento de sus competencias. Para asegurar una gestión integral de las llantas en desuso, es necesario fortalecer estas competencias. Según un estudio realizado por Vargas et al. (2019), existe una disparidad sustancial entre los recursos disponibles para la implementación exitosa de las competencias otorgadas a los municipios y las competencias mismas.

En el Municipio de Riobamba se evidencia una problemática significativa en relación con la gestión de llantas en desuso, dado que actualmente no cuenta con una normativa local específica que regule de manera integral su manejo adecuado. Esta ausencia de una normativa local clara y precisa ha dado lugar a una inadecuada gestión de los neumáticos fuera de uso, generando diversos problemas ambientales y de salud pública en la comunidad.

La falta de una normativa local ha creado un vacío en cuanto a las responsabilidades y obligaciones de los actores involucrados locales en la gestión de los neumáticos en desuso, lo que ha llevado a un manejo deficiente de este tipo de

residuos. La ausencia de directrices específicas dificulta la implementación de prácticas adecuadas de recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de las llantas usadas.

Es imprescindible que el Municipio de Riobamba reconozca la necesidad de establecer una normativa local que regule de manera específica la gestión de las llantas en desuso. Esta normativa deberá abordar aspectos fundamentales, como la recolección periódica de las llantas usadas, su almacenamiento seguro, el transporte adecuado y el tratamiento final apropiado. Su implementación permitirá definir las responsabilidades de los diferentes actores involucrados en el ciclo de vida de las llantas, tales como los productores, importadores, distribuidores y consumidores. Asimismo, se podrán establecer incentivos y sanciones para garantizar el cumplimiento de las disposiciones establecidas.

Es importante resaltar que la falta de una normativa local para la gestión de llantas en desuso no solo implica una problemática actual, sino que también obstaculiza el avance hacia una economía circular más sostenible. La implementación de políticas y regulaciones específicas fomentará la adopción de prácticas de reutilización, reciclaje y valorización de los neumáticos, generando oportunidades económicas y minimizando el impacto ambiental.

La economía circular se promueve como una estrategia crucial para resolver este problema. Reutilizar y reciclar neumáticos en desuso puede tener efectos positivos para el medio ambiente, la economía y la sociedad. La Fundación Ellen MacArthur (2015) afirma que reciclar una tonelada de neumáticos usados puede reducir las emisiones de carbono hasta en 1,1 toneladas, al tiempo que se crean puestos de trabajo a lo largo de la cadena de valor del reciclaje. Además, reciclar y reutilizar los elementos que se encuentran en los neumáticos ayuda a reducir la producción de residuos y la demanda de recursos naturales (Fundación Ellen MacArthur, 2015).

A continuación, se enumeran las iniciativas de estrategias de gestión circular de neumáticos que se han puesto en marcha a escala internacional y nacional.

- La Municipalidad de San Juan de Lurigancho, en Perú, está llevando a cabo el proyecto "Reciclaje de Neumáticos", que consiste en la creación de un programa de reciclaje de neumáticos usados. Los neumáticos se recogen, seleccionan y reciclan para crear nuevos productos, como pavimentos para parques y jardines. Los objetivos principales son reducir la acumulación de neumáticos en zonas públicas, evitar su eliminación inadecuada y promover la economía circular en el municipio (Municipalidad de San Juan de Lurigancho, 2021).
- Proyecto "Reciclo Neumáticos" en la ciudad argentina de Buenos Aires: Este proyecto promueve el reciclaje y la reutilización de neumáticos usados, centrándose en su gestión integral. Los neumáticos se recogen selectivamente en varias zonas de la ciudad, donde se clasifican y transportan a instalaciones de reciclaje. Además, se promueve la economía circular y se reduce la basura mediante el uso de neumáticos usados en la creación de zonas públicas como parques infantiles y campos de atletismo (Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2021).
- El proyecto "Medellín Circular" en la ciudad colombiana de Medellín: El objetivo de este proyecto es gestionar las llantas en desuso según un concepto de economía circular. Se fomenta la reutilización y el reciclaje de las llantas, con el objetivo de utilizarlas en iniciativas de construcción e infraestructura vial respetuosas con el medio ambiente. Además, se promueve la creación de empresas e iniciativas que empleen neumáticos reciclados como materia prima principal. Además de reducir la contaminación ambiental y crear posibilidades de empleo, el proyecto pretende disminuir la acumulación de neumáticos en espacios públicos (Alcaldía de Medellín, 2021).
- El proyecto "Cuenca Recicla Llantas" en el municipio ecuatoriano de Cuenca: Este proyecto se centra en la recogida de neumáticos usados para su reciclaje con el fin de evitar su eliminación inadecuada y avanzar en la economía circular en la comunidad. Para garantizar una gestión adecuada de los neumáticos, incluido su reciclaje y reutilización en el desarrollo de nuevos bienes, se han establecido lugares de recogida y se fomenta la participación ciudadana (Ilustre Municipalidad de Cuenca, 2021).
- El municipio de Quito (Ecuador) tiene un programa llamado "Reutiliza las llantas" que pretende fomentar la reutilización cíclica de los neumáticos viejos. Se fomenta el desarrollo de empresas e iniciativas que empleen neumáticos para producir bienes como mobiliario urbano, pavimentos para parques y jardines de barrio. El objetivo es reducir la producción de residuos y ofrecer a los neumáticos usados un nuevo propósito, ayudando al municipio a avanzar hacia una economía circular (Municipio de Quito, 2021).

De la evidencia antes indicada se fundamenta la importancia de proponer nuevas alternativas de gestión de las llantas en desuso para la ciudad de Riobamba que considere acciones de reciclaje, reutilización, reducción y recuperación, tomando en cuenta los principios de la Economía Circular, por los beneficios que representa y las experiencias exitosas nacionales como de otros países. La situación de las llantas usadas en la provincia de Chimborazo, donde se ubica Riobamba, es examinada en un estudio de Vargas et al. (2019), que enfatiza la necesidad de una gestión integral y sostenible para minimizar la contaminación ambiental y maximizar el potencial de reciclaje y reutilización de las llantas.

En este sentido, el esfuerzo actual se centra en examinar y esbozar soluciones para el uso de neumáticos en desuso por parte del Municipio de Riobamba que se adhieran a los principios de la economía circular, los mismos que son: eliminar los residuos y la contaminación, circular los productos y materiales (en su valor más alto), y, regenerar la naturaleza (Fundación Ellen MacArthur, 2015), con el fin de disminuir la contaminación ambiental causada por estos residuos. Al centrarse en minimizar la producción de residuos y cerrar los ciclos de los materiales, la economía circular promueve la sostenibilidad tanto económica, social, como medioambiental.

En cuanto al aspecto financiero, la economía circular ofrece la oportunidad de utilizar los materiales que se encuentran en los neumáticos gastados, como el caucho y el acero, para crear nuevos bienes y materiales. (Frend, 2022). Esto podría conducir a la creación de un mercado local de bienes fabricados con neumáticos reciclados, lo que supondría una menor dependencia de insumos extranjeros y una mayor independencia económica para la zona. Del mismo modo, la economía circular fomenta la eficiencia de los recursos y la optimización de los procesos, lo que puede ayudar a las ciudades a ahorrar mucho dinero.

La gestión adecuada de los neumáticos desechados a través de la economía circular es crucial desde el punto de vista medioambiental para disminuir la contaminación y los efectos perjudiciales sobre los ecosistemas. Al evitar la explotación y el agotamiento de las materias primas, la reutilización y el reciclaje de los neumáticos contribuyen a reducir la demanda de nuevos recursos naturales. Además, una gestión adecuada de los neumáticos protege la salud de las personas y la biodiversidad circundante al evitar la liberación de compuestos peligrosos y la contaminación del suelo y el agua. (European Commission, 2020)

Objetivos

A continuación, se presentan los objetivos de este proyecto, basados en la necesidad de abordar la problemática asociada a las llantas en desuso aplicando los principios de economía circular.

Objetivo General

Proponer nuevas alternativas de aprovechamiento de las llantas en desuso para la ciudad de Riobamba, basado en los principios de economía circular, con el fin de reducir la contaminación ambiental.

Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico del estado actual de la gestión de las llantas en desuso en el municipio de Riobamba, identificando los puntos de generación, los sistemas de recolección y los procesos de disposición final.
- Diseñar estrategias y acciones que deberá impulsar el municipio de Riobamba para fomentar la reutilización, el reciclaje y otras alternativas del aprovechamiento de las llantas en desuso.

Estos objetivos específicos se alinean con el objetivo general de promover la economía circular y reducir la contaminación ambiental en el municipio de Riobamba, brindando un enfoque general para abordar la problemática de las llantas en desuso y promoviendo prácticas sostenibles en la gestión de recurso.

Metodología y datos

Marco referencial

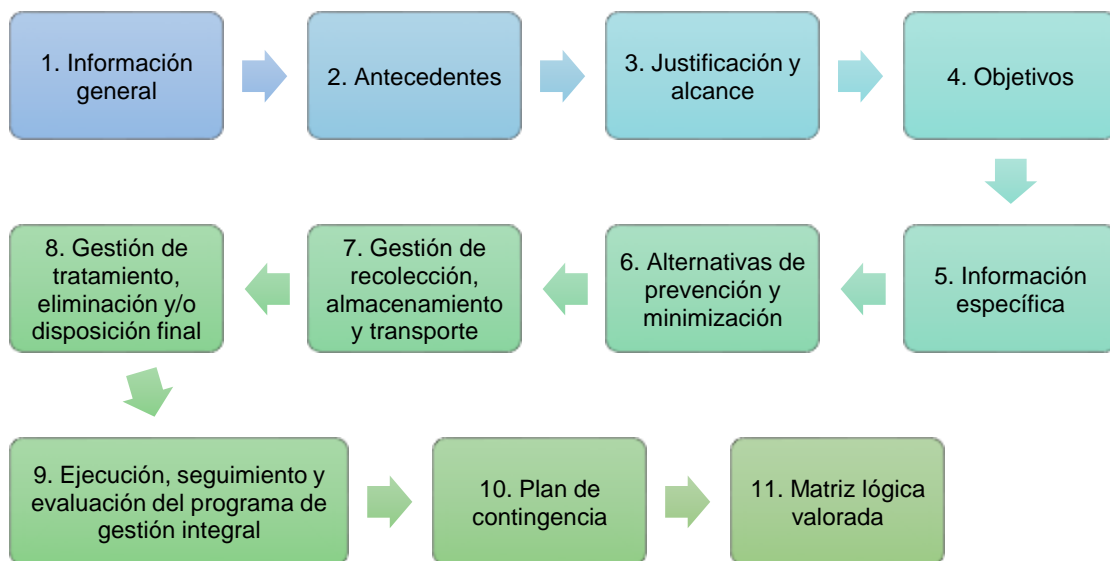
El Acuerdo Ministerial N° 98, publicado en el Registro Oficial 598, de 30 de septiembre de 2015, servirá de marco referencial para el desarrollo del proyecto. Este acuerdo establece lineamientos y medidas para abordar la problemática de las llantas usadas y fomentar la economía circular en su gestión. Fue emitido por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). El Instructivo señala que, si las llantas usadas no se gestionan adecuadamente, pueden causar contaminación ambiental e influir negativamente en la salud pública.

Enmarcado en la responsabilidad de los municipios ante la gestión de los residuos (COOTAD, 2010), lo que se pretende generar es una propuesta a la nueva administración del municipio de Riobamba, posesionada el 14 de mayo de 2023, que le permita promover una economía circular y disminuir la contaminación ambiental en beneficio de su población, mediante la implementación del proyecto llamado "Rueda Verde Riobamba: Impulsando la economía circular y reduciendo la contaminación ambiental", en el que se busca proponer alternativas de gestión para las llantas en desuso teniendo en cuenta las directrices del Instructivo emitido por el MAATE.

El Instructivo establece procedimientos para la recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los neumáticos usados con el objetivo de prevenir la contaminación ambiental asociada a estos residuos y promover su reutilización y reciclaje.

En la figura 1 se presenta un resumen de este formato:

Figura 1: Formato general del Programa de Gestión Integral de Neumáticos Usados



Fuente: Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial No. 98

Elaboración: El Autor

Estas referencias normativas sientan las bases legales y las especificaciones técnicas para la gestión de neumáticos usados en el contexto ecuatoriano, promoviendo métodos de economía circular y disminuyendo la contaminación ambiental.

Metodología

Para definir y representar claramente los objetivos, acciones, resultados y supuestos relacionados con un proyecto, el enfoque del Marco Lógico es una herramienta que se utiliza con frecuencia (Ortegón et al., 2005). Esta metodología se aplicará a la propuesta "Riobamba Rueda Verde: Impulsando la economía circular y reduciendo la contaminación ambiental" para crear y evaluar las actividades sugeridas.

La utilización de la metodología de Marco Lógico permite desarrollar una estructura de proyecto sólida y cohesionada, que facilita la identificación de las actividades del proyecto, los recursos necesarios, los responsables y los indicadores de evaluación. (Grünig y Kühn, 2005). Además, contribuye a garantizar que las acciones propuestas se ajusten a los objetivos y ayuden a resolver los problemas detectados.

En el contexto de este proyecto se aplicará la metodología de Marco Lógico de la siguiente manera:

Análisis de involucrados: En esta etapa, se llevará a cabo un análisis detallado de los actores involucrados en el problema de las llantas en desuso en el Municipio de Riobamba. Se identificarán y se analizarán los diferentes grupos de interés, incluyendo instituciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, empresas privadas, comunidades locales y ciudadanos individuales.

Identificación de problemas y causas: Con base en el análisis de la situación, se identificarán los problemas centrales relacionados con la gestión inadecuada de las llantas en desuso. Estos problemas se desglosarán en causas subyacentes que contribuyen a la situación actual. Este análisis ayudará a comprender las causas detrás de la problemática y a identificar áreas clave de intervención.

Definición de objetivos: La definición de objetivos es un paso crucial en la elaboración del proyecto. A partir de los problemas y causas identificados, se establecerán metas claras y alcanzables que se espera lograr. Para ello, se aplicará la metodología SMART, la cual se basa en la especificidad, medibilidad, alcanzabilidad, relevancia y temporalidad de los objetivos (Locke y Latham, 1990). Estos objetivos proporcionarán una dirección clara y servirán como punto de referencia para evaluar el éxito del proyecto, asegurando que esté alineado con las necesidades y resultados esperados.

Diseño de estrategias de intervención: Una vez establecidos los objetivos, se desarrollarán estrategias de intervención que aborden los problemas identificados. Estas estrategias pueden incluir acciones como la implementación de programas de recolección selectiva, el fortalecimiento de la normativa local, la promoción de la reutilización y el reciclaje, la sensibilización y educación a la comunidad, entre otras. Cada estrategia se diseñará teniendo en cuenta los recursos disponibles y los actores involucrados.

La aplicación de la metodología de Marco Lógico en este proyecto permitirá una planificación estratégica, una gestión efectiva de los recursos y una evaluación sistemática de los resultados. Al seguir este enfoque, se promoverá la eficiencia y la sostenibilidad de las acciones emprendidas para abordar la problemática de las llantas en desuso en el Municipio de Riobamba.

Además, se adoptará una metodología de tipo documental-descriptiva. La investigación documental se fundamenta en la revisión de fuentes como textos, artículos bibliográficos, estudios de caso y otros documentos relevantes. Para Iglesias (2004), el análisis documental se considera una manera de investigación técnica que incluye varias acciones intelectuales con la finalidad de exponer los documentos de modo esquemático e integral, logrando con ello obtener y analizar información pertinente que permite abordar el problema de investigación planteado.

Capítulo 1: Análisis de la situación actual de la gestión de llantas en desuso en el municipio de Riobamba

1.1. Análisis de involucrados

La ciudad de Riobamba es la capital de la provincia de Chimborazo del Ecuador. Además, es su localidad más grande y poblada, con una estimación de 269 mil habitantes según las proyecciones poblacionales del INEC en 2022. Estratégicamente ubicada en la región Interandina del Ecuador, Riobamba se encuentra rodeada por imponentes volcanes como el Chimborazo, el Tungurahua, el Altar y el Carihuairazo. La ciudad se sitúa a una altitud de 2.754 metros sobre el nivel del mar, lo que le brinda un clima frío andino con una temperatura promedio de 13 °C. (Geoportal Riobamba s.f.). Conocida como la "Ciudad de las Primicias", Riobamba desempeña un papel crucial como centro administrativo, económico, financiero y comercial en la zona central del país, por lo que se convierte en un escenario relevante para abordar la problemática de la gestión de llantas en desuso.

Al realizar la delimitación de los actores que forman parte de este ámbito de estudio, se identificaron siete sujetos involucrados en el ciclo de vida de los neumáticos, tanto en su fase productiva como en su etapa final, en base a lo determinado en el artículo 5 del Instructivo para la Gestión Integral de Neumáticos Usados (MAATE, 2015). Entre estos actores se encuentran aquellos responsables de la producción de neumáticos, la importación de neumáticos, el comercio y la distribución de neumáticos, la generación de neumáticos usados, el acopio y la disposición final de neumáticos usados, así como aquellos que promueven la coordinación interinstitucional para la gestión integral de los neumáticos usados.

Tabla 1: Actores involucrados en la gestión de llantas

Fabricante	Personal natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera, que se dedica a producir neumáticos.
Importador	Personal natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que introduce neumáticos en territorio nacional de manera directa o indirecta.
Distribuidor	Personal natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que se dedica a comercializar neumáticos.
Centro de servicio	Establecimiento que comercialice o distribuya neumáticos directamente al usuario. Están comprendidos: puntos de venta de repuestos, lavadora de autos, lubricadora, gasolineras, talleres mecánicos, vulcanizadoras y cualquier otro comercio que expendan neumáticos o brinde servicio de instalación.
Usuario	Persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera que manipula de manera directa el neumático.
Gestor	Cualquier persona natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera, que presta servicios de almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de neumáticos usados, que haya recibido una autorización de la Autoridad Ambiental competente.
Autoridad ambiental	Instancia rectora, coordinadora y reguladora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, sin perjuicio de las atribuciones que dentro del ámbito de sus competencias y conforma a las leyes que las regulan, ejerzan otras instituciones del Estado.

Fuente: Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial No. 98

Elaboración: El Autor

Estos siete sujetos conforman el entramado de actores involucrados en la gestión de neumáticos usados que deben considerarse en el contexto del proyecto "Rueda Verde Riobamba". Así también se incluye al Municipio de Riobamba, institución que tiene asignada la competencia de gestión de residuos (COOTAD, 2010). La interacción y colaboración de estos actores es fundamental para lograr una implementación efectiva de prácticas basadas en la economía circular, que permitan maximizar el valor de los neumáticos usados a través de su reutilización, reciclaje y valorización.

Dentro del cantón Riobamba se reconoce que el sector relacionado con la producción y uso de neumáticos juega un papel significativo en la economía local, incluyendo a diversos involucrados y procesos. Sin embargo, es importante destacar que la gestión de los Neumáticos Usados (NU) no está siendo adecuada y existe un incumplimiento de las normativas vigentes.

Los resultados obtenidos en el análisis de involucrados se han sintetizado en la siguiente tabla, la cual se ha elaborado siguiendo la metodología de marco lógico. Esta tabla proporciona una visión integral y estructurada de los diferentes aspectos identificados, permitiendo visualizar de manera clara las relaciones entre los actores, sus motivaciones, las problemáticas que enfrentan, los recursos disponibles y los mandatos que los regulan. Esta herramienta de análisis contribuye a la comprensión de la complejidad de la situación y facilita la identificación de estrategias y acciones para abordar de manera efectiva la gestión de las llantas en desuso en el proyecto "Rueda Verde Riobamba: Impulsando la economía circular y reduciendo la contaminación Ambiental".

Tabla 2: Análisis de involucrados

Nro.	Grupo	Interés	Problema percibido	Recursos y mandatos
1	Fabricante	Innovación para sus procesos productivos.	Modelo de producción lineal.	Código Orgánico del Ambiente Acuerdo Nro. 098
2	Importador	Puesta en marcha de un sistema eficiente para el manejo de neumáticos en desuso.	No se cuenta con opciones de fabricantes que apliquen modelos de producción circulares.	Código Orgánico del Ambiente Acuerdo Nro. 098
3	Distribuidor	Puesta en marcha de un sistema eficiente para el manejo de neumáticos en desuso.	No se cuenta con opciones de fabricantes que apliquen modelos de producción circulares.	Código Orgánico del Ambiente Acuerdo Nro. 098
4	Centro de servicio	Puesta en marcha de un sistema eficiente para el manejo de neumáticos en desuso.	Manejo inapropiado de neumáticos en desuso. Impacto estético negativo y acumulación de neumáticos.	Código Orgánico del Ambiente Acuerdo Nro. 098
5	Usuario	Elección de productos alternativos y fabricados utilizando materiales descartados.	Tener disposición para adquirir productos fabricados a partir de neumáticos reutilizados.	Código Orgánico del Ambiente Conciencia ambiental
6	Gestor	Puesta en marcha de un sistema eficiente para el manejo de neumáticos en desuso.	Manejo inapropiado de neumáticos en desuso.	Código Orgánico del Ambiente Acuerdo Nro. 098
7	Autoridad Ambiental	Incremento de la calidad del entorno ambiental, generando conciencia entre la población acerca de la correcta disposición final de los residuos y reduciendo el impacto ambiental ocasionado por la contaminación de materiales que tienen un largo período de degradación.	Los paisajes de la zona se ven afectados por la presencia visual de neumáticos acumulados en las calzadas, lo que genera contaminación estética. Existe un compromiso insuficiente por parte de la población en general para asegurar una disposición final adecuada de los desechos. Falta de opciones para la reutilización de materiales provenientes de los neumáticos en desuso.	Código Orgánico del Ambiente Acuerdo Ministerial Nro. 0.98
8	Municipio de Riobamba	Alternativas de gestión de llantas en desuso.	Gestión inapropiada de la disposición final de los neumáticos. Contaminación de cuerpos de agua, como quebradas y ríos. Generación y propagación de enfermedades, entre las que se menciona: vector de cría de mosquitos y roedores, acumulación de bacterias y hongos, proliferación de plagas. (Palacios, et al. 1997)	COOTAD Código Orgánico del Ambiente Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Riobamba

Elaboración: El Autor

1.2. Identificación de fuentes de generación de llantas en desuso.

La identificación de las fuentes de generación de llantas en desuso en Riobamba es un paso crucial para comprender los lugares y actividades que contribuyen a este problema ambiental. Según estudios previos (Paredes et al., 2019), se ha determinado que los principales sitios de generación de neumáticos usados en la ciudad son los talleres mecánicos, los centros de servicio automotriz y los distribuidores de llantas. Estos lugares son frecuentemente responsables de la sustitución y mantenimiento de neumáticos en vehículos.

Además, las actividades que generan una cantidad significativa de neumáticos usados en Riobamba están relacionadas con el sector del transporte y la industria automotriz. El constante flujo de vehículos, tanto particulares como comerciales, implica una demanda continua de neumáticos nuevos, lo que a su vez conlleva a la generación de llantas en desuso. Asimismo, los procesos de importación y distribución de neumáticos contribuyen a esta problemática al introducir una gran cantidad de productos nuevos al mercado (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2020).

La identificación de estas fuentes de generación de llantas en desuso en Riobamba es esencial para diseñar estrategias efectivas de gestión y prevención. Conocer los lugares y actividades involucradas permite enfocar los esfuerzos en la implementación de medidas adecuadas, como la promoción de prácticas de mantenimiento responsable, la adopción de políticas de reutilización y reciclaje, y la concientización de los actores involucrados sobre la importancia de una disposición adecuada de los neumáticos usados (Gutiérrez et al., 2018). Estas acciones contribuirán a reducir la acumulación de llantas en desuso, minimizar la contaminación ambiental y promover la economía circular en la gestión de estos materiales.

1.3. Evaluación de los sistemas existentes y tratamiento final de llantas en desuso

En el Municipio de Riobamba, actualmente no se cuenta con un sistema de recolección específico y eficiente para las llantas en desuso. A pesar de ello, se ha observado que los recicladores de base desempeñan un papel importante en la gestión de estas llantas a través del Sistema de Gestión Integral de Neumáticos Usados (SEGINUS). Los recicladores de base tienen la oportunidad de comprar las llantas usadas para su posterior reciclaje y reutilización.

No obstante, aunque la participación de los recicladores de base es valiosa, este enfoque no aborda de manera integral el manejo de las llantas en desuso en el Municipio de Riobamba. La falta de un sistema específico de recolección dificulta la identificación y separación adecuada de las llantas en desuso desde su origen, lo que resulta en una dispersión de estos residuos en diversos puntos de la ciudad.

Además, es importante considerar que la compra de llantas usadas por parte de los recicladores de base no garantiza un tratamiento final adecuado y sostenible. Es posible que algunas llantas terminen siendo acumuladas en patios o áreas de almacenamiento temporales, lo que puede generar riesgos ambientales y de salud pública.

Ante esta situación, se plantea la necesidad imperante de implementar un sistema integral de gestión de llantas en desuso en el Municipio de Riobamba. Este sistema debería contemplar la creación de puntos de acopio estratégicos, donde los ciudadanos puedan entregar sus llantas usadas de manera segura y conveniente. Además, se requeriría la planificación logística para garantizar la recolección regular de las llantas acumuladas en estos puntos de acopio.

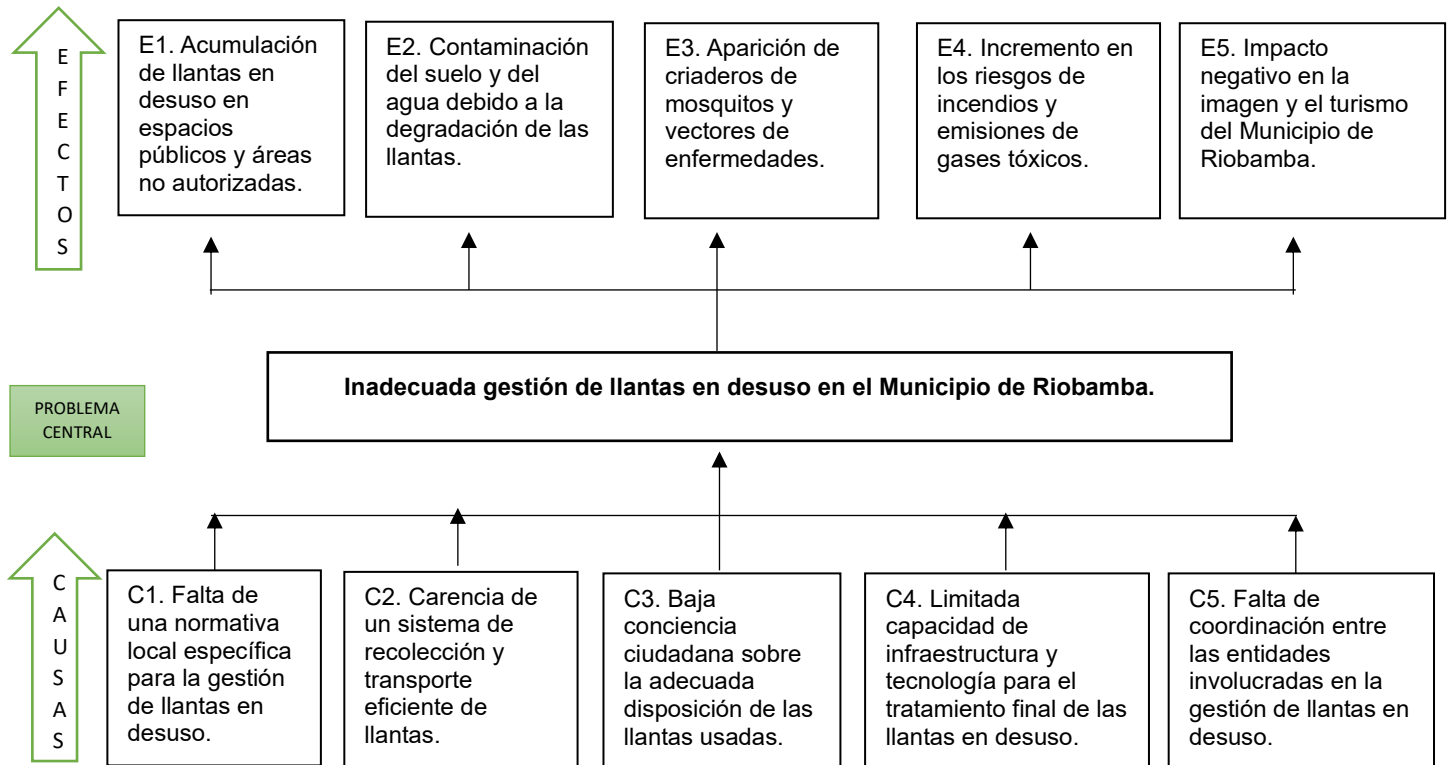
Es fundamental destacar que la implementación de un sistema de recolección y tratamiento final de llantas en desuso requeriría la colaboración y participación activa de diferentes actores, como las autoridades locales, instituciones gubernamentales, empresas privadas y la comunidad en general. Asimismo, se debería considerar la legislación y normativas vigentes relacionadas con la gestión de residuos, así como la asignación de recursos financieros y técnicos para llevar a cabo estas acciones.

1.4. Análisis del problema en el municipio de Riobamba

En el Municipio de Riobamba, la gestión de llantas en desuso se ha convertido en un desafío que requiere atención inmediata. La falta de un enfoque integral y una normativa local específica ha dado lugar a una serie de problemas relacionados con la inadecuada disposición de las llantas, impactando negativamente en el entorno urbano, la salud pública y el medio ambiente. Para comprender mejor esta problemática y proponer soluciones efectivas, es fundamental realizar un análisis a través de la construcción de un árbol de problemas.

El presente árbol de problemas se ha desarrollado siguiendo la Metodología de Marco Lógico (MML), que permite identificar y visualizar de manera clara las causas y efectos asociados a la gestión inadecuada de llantas en desuso en el Municipio de Riobamba. Esta herramienta proporciona una visión integral de la problemática, permitiendo comprender la interrelación entre los distintos elementos involucrados y enfocar los esfuerzos en la búsqueda de soluciones efectivas.

Figura 2: Árbol de problemas llantas en desuso Municipio de Riobamba



Elaboración: El Autor

Para abordar de manera efectiva estos problemas y promover una gestión adecuada de las llantas en desuso, es fundamental implementar medidas y políticas que fomenten la adopción de prácticas basadas en los principios de la economía circular. Estas estrategias permitirán maximizar el valor de los recursos contenidos en las llantas, promoviendo su reutilización, reciclaje y valorización energética.

Este árbol de problemas servirá como punto de partida para desarrollar un plan de acción integral que aborde de manera efectiva los problemas identificados y promueva una gestión sostenible de las llantas en desuso en el Municipio de Riobamba, contribuyendo así a la protección del medio ambiente y al bienestar de la comunidad.

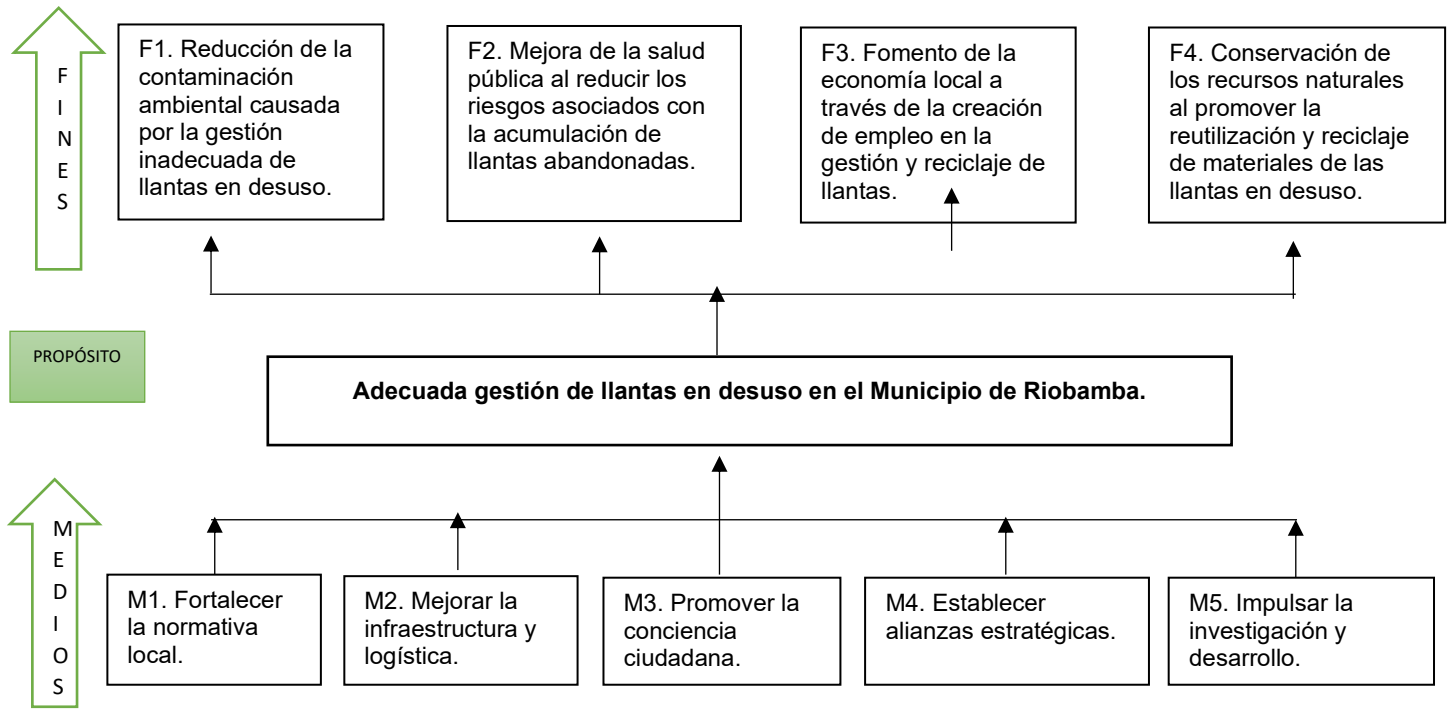
1.5. Análisis de objetivos para el municipio de Riobamba

El árbol de objetivos es una herramienta fundamental en la planificación estratégica, que nos permite visualizar de manera clara y ordenada los objetivos a alcanzar para resolver una problemática específica. En el contexto del proyecto de gestión de llantas en desuso en el Municipio de Riobamba, se ha desarrollado un árbol de objetivos con el propósito de identificar y establecer los resultados deseados para abordar eficientemente esta problemática.

Este árbol de objetivos se ha construido teniendo en cuenta los principios de la economía circular, que promueve la optimización de los recursos, la minimización de residuos y la sostenibilidad en el ciclo de vida de las llantas. A través de un enfoque holístico, se busca generar un impacto positivo en diversos aspectos, como la protección del medio ambiente, la salud pública, la economía local y la calidad de vida de la población.

Cabe destacar que la construcción del árbol de objetivos se ha basado en la revisión de experiencias exitosas en otros municipios y buenas prácticas en la gestión de llantas en desuso, con el fin de establecer metas realistas y alcanzables para el Municipio de Riobamba.

Figura 3: Árbol de objetivos llantas en desuso Municipio de Riobamba



Elaboración: El Autor

A través de la implementación de este árbol de objetivos, se espera lograr una gestión eficiente y sostenible de las llantas en desuso en el municipio, promoviendo la economía circular y generando beneficios sociales, económicos y ambientales para la comunidad riobambeña.

Capítulo 2: Propuesta de alternativas de aprovechamiento de llantas en desuso basada en principios de economía circular

2.1. Análisis de las alternativas de disposición final de las llantas en desuso

La adecuada gestión de las llantas en desuso representa un desafío ambiental, social y económico en la sociedad actual. El crecimiento de la industria automotriz y el aumento en el consumo de llantas han generado un incremento significativo en la generación de residuos de neumáticos, lo que plantea la necesidad de buscar alternativas sostenibles para su disposición final.

En este contexto, la economía circular se presenta como un enfoque prometedor que busca maximizar el valor de los recursos, minimizando la generación de residuos y fomentando la reutilización, el reciclaje y la valorización de los materiales (Stahel, 2016). En el caso específico de las llantas en desuso, la aplicación de los principios de economía circular puede ofrecer soluciones innovadoras y sostenibles para su gestión.

El presente análisis tiene como objetivo explorar las diferentes alternativas de disposición final de las llantas en desuso, basadas en los principios de economía circular. Para ello, se examinarán distintas estrategias que involucran desde la reutilización y reciclaje de los materiales de las llantas hasta la valorización energética y el diseño circular (Kirchherr et al., 2017).

A través de este análisis, se busca evaluar las ventajas y desventajas de cada alternativa, considerando aspectos ambientales, económicos y sociales. Además, se pretende identificar las mejores prácticas y experiencias exitosas en otros contextos, a fin de obtener lecciones aprendidas y recomendaciones aplicables al municipio de Riobamba.

2.1.1. Estudios de caso

A continuación, se presentan cinco estudios de caso que destacan experiencias exitosas en la gestión de neumáticos usados en diferentes municipios. Estos casos brindan ejemplos concretos de cómo se han implementado alternativas innovadoras basadas en los principios de economía circular. Cada estudio de caso muestra en qué consiste la alternativa adoptada por el municipio, resaltando su enfoque particular y los resultados obtenidos en términos de reducción de residuos, aprovechamiento de materiales y beneficios ambientales. Estas experiencias inspiradoras pueden servir de referencia para los municipios que buscan mejorar su gestión de neumáticos en desuso y avanzar hacia un modelo más sostenible.

- **Experiencia 1: Barcelona, España**

En Barcelona, se ha implementado un programa de gestión de neumáticos usados que se centra en la reutilización y reciclaje de estos materiales. Mediante acuerdos con empresas recicladoras, se recogen las llantas en desuso y se les da un nuevo propósito. Algunas de las alternativas utilizadas incluyen la reencauchadora de neumáticos, donde se renueva la banda de rodadura de los neumáticos para su posterior venta, y la transformación de neumáticos en material de construcción para su uso en pisos deportivos y parques infantiles (Gobierno de Barcelona, 2020).

- **Experiencia 2: Phoenix, Estados Unidos**

En Phoenix, se ha implementado un programa de recolección de neumáticos en desuso que se enfoca en su valorización energética. Los neumáticos recolectados se procesan en instalaciones de pirólisis, donde se someten a altas temperaturas en ausencia de oxígeno para obtener combustibles líquidos, gases y carbono negro. Estos productos se utilizan como fuente de energía en diversos procesos industriales, reduciendo así la dependencia de combustibles fósiles y evitando la acumulación de neumáticos en vertederos (City of Phoenix, 2021).

- **Experiencia 3: Ciudad de México, México**

En la Ciudad de México, se ha implementado un programa de reciclaje de neumáticos que se enfoca en la valorización de los materiales. Los neumáticos en desuso se procesan en plantas de reciclaje, donde se separan los diferentes componentes, como el acero, el caucho y las fibras textiles. Estos materiales se utilizan como materia prima en la fabricación de nuevos productos, como pisos de caucho para parques infantiles, productos de hule, asfalto modificado y combustibles alternativos (Gobierno de la Ciudad de México, 2015).

- **Experiencia 4: Auckland, Nueva Zelanda**

En Auckland, se ha implementado un programa de reencauchado de neumáticos usados como alternativa sostenible. Los neumáticos recolectados se someten a un proceso de reencauchado, donde se les aplica una nueva banda de rodadura y se los reacondiciona para su posterior uso en vehículos. Esta alternativa promueve la prolongación de la vida útil de los neumáticos, reduciendo así la generación de residuos y el consumo de recursos naturales necesarios para la fabricación de nuevos neumáticos (Auckland Transport, 2021).

- **Experiencia 5: Estocolmo, Suecia**

En Estocolmo, se ha implementado un programa de gestión de neumáticos usados que fomenta la economía circular mediante la creación de una red de intercambio y reutilización. Los neumáticos en desuso se recogen y se ponen a disposición de otros actores, como talleres mecánicos y empresas de reencauchado, que pueden aprovecharlos para diversos fines. Esta iniciativa promueve la colaboración entre diferentes actores y reduce la necesidad de adquirir nuevos neumáticos, contribuyendo así a la reducción de residuos y al ahorro de recursos (City of Stockholm, 2021).

A continuación, se presenta una tabla comparativa que resume el trabajo de cada municipio en relación a la gestión de neumáticos usados:

Tabla 3: Alternativas implementadas por cada Municipio

Municipio	Enfoque de Gestión	Alternativas Implementadas
Barcelona, España	Reutilización y Reciclaje	- Reencauchado de neumáticos para su reventa. - Transformación de neumáticos en material de construcción
Phoenix, Estados Unidos	Valorización Energética	- Procesamiento de neumáticos mediante pirólisis para obtener combustibles líquidos y gases. - Uso de carbono negro como fuente de energía
Ciudad de México, México	Reciclaje y Valorización de Materiales	- Separación y reciclaje de componentes como acero, caucho y fibras textiles. - Uso de materiales reciclados en la fabricación de productos
Auckland, Nueva Zelanda	Reencauchado y Reutilización	- Proceso de Reencauchado para prolongar la vida útil de los neumáticos. - Uso de neumáticos reacondicionados en vehículos
Estocolmo, Suecia	Intercambio y Reutilización	- Creación de una red de intercambio de neumáticos usados. - Uso de neumáticos reciclados por otros actores

Elaboración: El Autor

Esta tabla permite visualizar las diferentes estrategias adoptadas por cada municipio para abordar la gestión de neumáticos usados, así como las alternativas implementadas en cada caso. Cada municipio ha enfocado sus esfuerzos en diferentes aspectos de la economía circular, como la reutilización, el reciclaje, la valorización energética y la creación de redes de intercambio. Estas experiencias demuestran la diversidad de enfoques que pueden adoptarse para lograr una gestión más sostenible de los neumáticos en desuso.

2.1.2. Alternativas de disposición final de llantas en desuso

Luego de revisar los estudios de caso se pudieron determinar diversas estrategias para la gestión de llantas en desuso basadas en los principios de economía circular, se han identificado varias alternativas que abordan de manera integral el ciclo de vida de estos residuos. Estas estrategias van desde la reutilización y reciclaje de los materiales de las llantas hasta la valorización energética y el diseño circular.

- **Reutilización**

La reutilización de llantas en desuso se presenta como una estrategia clave en la gestión de estos materiales, ya que busca encontrar nuevos usos y aplicaciones para prolongar su vida útil y evitar su conversión en residuo (Guerrero y Hogland, 2013). Esta práctica se basa en la idea de que los materiales de las llantas, como el caucho, pueden ser aprovechados de manera creativa y funcional en diversos productos.

Uno de los ejemplos más comunes de reutilización de llantas es su transformación en pisos de caucho. Mediante un proceso de trituración y granulación, el caucho de las llantas en desuso se convierte en partículas de tamaño reducido que luego se utilizan como base para la fabricación de pisos deportivos, parques infantiles y otros espacios que requieren una superficie resistente y amortiguadora. Esta alternativa no solo proporciona un nuevo uso a las llantas, sino que también brinda beneficios en términos de seguridad y comodidad para los usuarios (Ayala et al., 2015).

Otro ejemplo de reutilización es la fabricación de revestimientos utilizando los materiales de las llantas. El caucho reciclado puede ser empleado en la creación de láminas y paneles que se utilizan como recubrimiento en áreas de alto tránsito, como parques, senderos o estadios. Estos revestimientos ofrecen propiedades antideslizantes, resistencia al desgaste y durabilidad, convirtiéndolos en una alternativa sostenible y rentable en comparación con otros materiales convencionales (Duque et al., 2019).

Además de los pisos y revestimientos, las llantas en desuso también pueden ser reutilizadas en la fabricación de muebles. Mediante procesos de corte, moldeado y ensamblaje, se pueden crear mesas, sillas, bancos e incluso maceteros utilizando las partes de las llantas. Estos muebles presentan una estética única y atractiva, al tiempo que contribuyen a la reducción de residuos y fomentan la economía circular (Kaczala et al., 2017).

Es importante destacar que la reutilización de llantas en desuso no solo ofrece beneficios ambientales al evitar su disposición en vertederos, sino que también representa oportunidades económicas y sociales. La creación de nuevos productos a partir de las llantas puede generar empleo en sectores como la manufactura, diseño y construcción, así como impulsar el desarrollo de emprendimientos y la economía local.

- **Reciclaje**

El reciclaje de llantas en desuso es una estrategia clave para la gestión sostenible de estos residuos, ya que permite recuperar y reutilizar los materiales que las componen. Mediante el proceso de reciclaje, las llantas son descompuestas en sus componentes individuales, como el caucho, el acero y las fibras textiles. Estos materiales luego son sometidos a diferentes técnicas y procesos para transformarlos en nuevos productos, reduciendo así la necesidad de utilizar recursos naturales y evitando la acumulación de residuos en los vertederos.

El caucho reciclado proveniente de las llantas puede ser utilizado en una amplia gama de aplicaciones, como la fabricación de pavimentos, alfombras, juguetes, pisos deportivos, entre otros (Ayala et al., 2015; Duque et al., 2019). Por otro lado, el acero recuperado puede ser reutilizado en la industria siderúrgica, mientras que las fibras textiles pueden encontrar aplicaciones en la fabricación de productos como alfombras o materiales de construcción (Barriga et al., 2018).

El reciclaje de llantas no solo contribuye a la reducción de la cantidad de residuos generados, sino que también tiene beneficios ambientales significativos. Al reciclar los materiales de las llantas, se evita la contaminación del suelo y el agua, así como la emisión de gases contaminantes durante su degradación en vertederos (Guerrero et al., 2013). Además, el reciclaje promueve la conservación de los recursos naturales al reutilizar los materiales existentes en lugar de extraer nuevos.

El proceso de reciclaje de llantas puede variar según la tecnología utilizada y las condiciones locales. Algunos métodos comunes incluyen la trituración de las llantas para obtener partículas de caucho, la separación magnética para recuperar el acero y el uso de tecnologías avanzadas como la pirolisis para obtener diferentes productos a partir de los componentes de la llanta (Kaczala et al., 2017).

- **Valorización energética**

La valorización energética es una alternativa de disposición final de las llantas en desuso que implica la utilización de éstas como fuente de energía a través de su incineración controlada o gasificación. Esta opción presenta beneficios significativos, ya que permite aprovechar el poder calorífico de los materiales presentes en las llantas y utilizarlo para generar electricidad o calor útil en procesos industriales.

En el caso de la incineración controlada, las llantas se queman a altas temperaturas en instalaciones especializadas, lo que genera calor. Este calor se puede utilizar para producir vapor, que a su vez puede ser empleado para generar electricidad mediante turbinas de vapor. Además, durante este proceso se puede capturar y tratar los gases y residuos resultantes para minimizar su impacto ambiental (Lederer et al., 2019).

La gasificación, por otro lado, implica someter las llantas a altas temperaturas en un ambiente controlado y con una cantidad limitada de oxígeno. Esto permite la descomposición de los materiales de las llantas en gases, como el monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados como combustibles en la generación de electricidad o en la producción de otros productos químicos (Manzone et al., 2020).

La valorización energética de las llantas en desuso contribuye a reducir la dependencia de fuentes de energía convencionales y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, aprovecha los recursos contenidos en las llantas, evitando su acumulación en vertederos y reduciendo la necesidad de extracción de materias primas adicionales.

Sin embargo, es importante mencionar que la valorización energética debe ser implementada de manera adecuada y bajo estrictas normas de control y gestión ambiental para minimizar los posibles impactos negativos, como las emisiones de contaminantes atmosféricos y la generación de residuos. Además, es fundamental evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de esta opción en el contexto específico del Municipio de Riobamba.

- **Diseño circular**

El diseño circular es una estrategia fundamental para abordar la gestión de llantas en desuso desde su origen. Esta aproximación busca reducir la generación de residuos mediante la implementación de diseños más duraderos, reparables y reciclables. En el caso de las llantas, implica la adopción de prácticas que promuevan su vida útil prolongada, así como la utilización de materiales más sostenibles y la integración de principios de economía circular en su diseño.

Al aplicar el diseño circular a las llantas, se busca maximizar la reutilización y el reciclaje de sus componentes, evitando así su disposición final como residuo. Esto implica la selección de materiales más sostenibles y fácilmente reciclables, así como la incorporación de elementos que faciliten su desmontaje y separación de componentes. Además, se promueve la reparación y renovación de las llantas, extendiendo su vida útil y reduciendo la necesidad de producir nuevas unidades.

El diseño circular también contempla la implementación de sistemas de recogida y gestión adecuados, que permitan la recuperación de las llantas al final de su vida útil. Estos sistemas pueden incluir acuerdos con fabricantes y distribuidores para la devolución de llantas usadas, así como la creación de infraestructuras y programas de reciclaje eficientes.

Al adoptar el enfoque del diseño circular en la gestión de llantas en desuso, se pueden obtener importantes beneficios. Se reducen los impactos ambientales asociados con la producción de nuevas llantas y la disposición final de las usadas, se fomenta la eficiencia en el uso de recursos y se promueve la economía circular como modelo de desarrollo sostenible.

Es importante destacar que la implementación del diseño circular en el sector de las llantas requiere la colaboración y participación de diversos actores, como fabricantes, distribuidores, consumidores y entidades reguladoras. Asimismo, es necesario evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de las propuestas de diseño circular en el contexto específico del Municipio de Riobamba.

Estas estrategias, combinadas de manera adecuada, pueden contribuir significativamente a una gestión más eficiente y sostenible de las llantas en desuso, promoviendo la economía circular y reduciendo el impacto ambiental asociado a estos residuos (Kirchherr et al., 2017).

2.2. Identificación de alternativas viables para el Municipio de Riobamba.

En este apartado se presentan alternativas viables para la gestión de llantas en desuso en el Municipio de Riobamba, basadas en los principios de economía circular y en las competencias señaladas por el COOTAD (2010) para los gobiernos locales. Estas alternativas buscan abordar los desafíos asociados con la inadecuada gestión de las llantas en desuso, promoviendo su reutilización, reciclaje, valorización energética y diseño circular. Mediante la implementación de estas propuestas, se busca maximizar el uso de los recursos disponibles, reducir la generación de residuos y contribuir a la conservación del medio ambiente en el municipio. Cada alternativa se presenta con acciones que deberá liderar el Municipio, así como beneficios económicos, sociales y ambientales.

- **Reutilización de llantas en desuso en el asfaltado de calles y carreteras.**

Esta alternativa demanda de la implementación de un programa integral de gestión de llantas en desuso, que abarque la promoción de la recogida selectiva, la creación de centros de acopio y procesamiento, y la colaboración con empresas especializadas en la producción de asfalto con contenido de caucho reciclado. Patiño y Rodríguez (2017) realiza una propuesta de cómo se obtiene el grano de caucho reciclado usando las llantas en desuso a través de un proceso de trituración mecánica que abarca varias etapas:

Primero, se realiza la recolección y clasificación de los neumáticos, donde se los categoriza según su estado. Luego, se procede a la limpieza de los neumáticos para eliminar cualquier contaminante presente en su superficie. Una vez limpios, se secan y almacenan en un lugar adecuado, libre de humedad y residuos de limpieza.

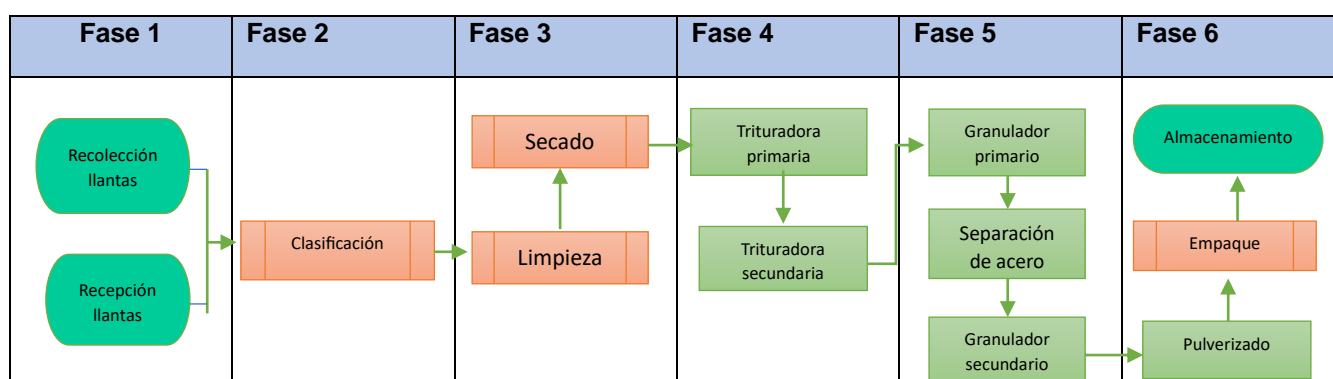
El proceso continúa con una trituradora primaria, la cual utiliza cuchillos para cortar y reducir el tamaño de los neumáticos en trozos más pequeños. Posteriormente, los trozos de mayor tamaño pasan por una trituradora secundaria para reducir su tamaño de 300 mm a 50 mm. A continuación, se utiliza un granulador primario para reducir aún más el tamaño de los trozos y obtener granos de aproximadamente 16 mm.

En una etapa posterior, se separa el acero presente en los neumáticos utilizando un separador magnético que cuenta con una banda transportadora para recolectar el metal. Después, los granos pasan por un proceso de refinación en dos molinos, donde se someten a una criba rotativa con diferentes tamaños de orificios para obtener granos de diferentes dimensiones.

Una vez liberado de acero, material textil y nailon, el caucho se pulveriza utilizando un molino especializado que reduce su tamaño a 0,5 mm, obteniendo así el polvo de caucho reciclado. Finalmente, el grano de caucho se empaca en sacos de 50 kg y se almacena en una zona designada para su posterior uso.

En la figura se representa mediante un diagrama de flujo el proceso que permite obtener el caucho de las llantas en desuso:

Figura 4: Diagrama de flujo caucho reciclado con llantas en desuso



Fuente: Patiño y Rodríguez (2017). Llantas usadas: materia prima para pavimentos y múltiples ecoaplicaciones.
Elaboración: El Autor

Para su implementación, se requerirá una comunicación efectiva con la comunidad para fomentar su participación en el programa de recogida y sensibilizar sobre los beneficios económicos, sociales y ambientales de la reutilización de llantas en el asfaltado.

Desde el punto de vista económico, el uso de llantas en desuso en la fabricación de asfalto para el mantenimiento y construcción de vías puede representar una reducción significativa de costos en este tipo de obras, ya que según Patiño, y Rodríguez (2017) el asfalto con caucho proveniente de las llantas, pueden durar incluso un 50% más que aquellos asfaltos construidos con mezcla tradicional. Al aprovechar un recurso disponible localmente, se evita la necesidad de adquirir asfalto convencional en su totalidad, lo que puede generar ahorros sustanciales en los presupuestos municipales destinados a infraestructura vial.

En el ámbito social, esta alternativa puede tener un impacto positivo en la comunidad. La implementación de programas de recogida selectiva de llantas en desuso y su reutilización en el asfaltado de calles y carreteras puede crear empleo local en el sector de gestión de residuos, tanto en la recogida como en el procesamiento de las llantas (Dinero, 2017). Además, la mejora de las vías a través de este enfoque puede aumentar la seguridad vial y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, facilitando el transporte y reduciendo el riesgo de accidentes.

En términos ambientales, la reutilización de llantas en desuso en el asfaltado contribuye a la reducción de residuos y la conservación de recursos naturales. Al utilizar un material que de otro modo podría terminar en vertederos o incineradoras, se evita la generación de impactos ambientales asociados a su disposición inadecuada, evitando la emisión de gases de efecto invernadero (CO²) esto porque entre el 20 y 40% de la llanta es caucho natural (Patiño y Rodríguez, 2017). Además, al incorporar caucho granulado proveniente de las llantas en el asfalto, se disminuye la dependencia de materias primas vírgenes y se reduce la extracción de recursos naturales.

El municipio de Riobamba debe realizar una evaluación de las capacidades y recursos disponibles, así como de las condiciones específicas del entorno local, a fin de adaptar y ajustar esta propuesta a sus necesidades particulares. Esto implica considerar aspectos como la disponibilidad de infraestructura, el acceso a tecnologías apropiadas, la capacidad de gestión y financiamiento, y la participación de los actores involucrados.

- **Reciclaje de llantas en desuso para la producción de nuevos productos y materiales.**

Para su implementación es necesario impulsar un sistema de recogida selectiva de llantas en desuso, la creación de un centro de reciclaje y procesamiento de llantas, y la promoción de la demanda de productos reciclados a través de campañas de sensibilización y educación ambiental. Considerando la experiencia de México estudiada previamente, se propone las siguientes acciones para el Municipio de Riobamba:

- a) **Asignación de recursos:** El municipio debe destinar los recursos financieros necesarios para la construcción de la infraestructura del centro de reciclaje, la adquisición de maquinaria especializada, la contratación de personal capacitado y la implementación de programas de educación y concientización ambiental.
- b) **Modelo de gestión:** Se debe establecer un modelo de gestión eficiente y sostenible que permita la operación adecuada del centro de reciclaje. Esto implica definir los procedimientos de recolección y transporte de llantas usadas, establecer acuerdos de colaboración con talleres mecánicos y empresas de transporte, implementar sistemas de seguimiento y control de procesos, y promover la participación activa de la comunidad local.
- c) **Participación de actores clave:** Es importante involucrar a diferentes actores relevantes en la implementación del centro de reciclaje, como el gobierno municipal, entidades ambientales, empresas privadas, organizaciones de la sociedad civil y la comunidad local. Establecer alianzas estratégicas y fomentar la colaboración entre estos actores permitirá fortalecer el proyecto y asegurar su éxito a largo plazo.
- d) **Educación y concientización ambiental:** El municipio debe implementar programas de educación y concientización dirigidos a la comunidad, con el fin de promover la separación adecuada de llantas usadas, fomentar la participación en la recolección selectiva y generar conciencia sobre los beneficios ambientales del reciclaje de llantas.

Según información obtenida de la empresa Wuxi Shredwell Reciclaje Technology Co., Ltd. se estima que la inversión inicial para adquirir la máquina de trituración de llantas aproximadamente \$ 70.000,00. Además, es importante considerar que la implementación del centro de reciclaje requiere la preparación del terreno, la construcción de galpones y la capacitación del personal, cuyos costos dependerán de las condiciones y necesidades específicas del municipio de Riobamba.

En caso de que el municipio no cuente con los recursos financieros suficientes para llevar a cabo esta inversión, se recomienda considerar una asociación público-privada (APP). Una APP es una forma de colaboración entre el sector público y el sector privado, en la cual ambas partes comparten responsabilidades y beneficios para la implementación de un proyecto (Savas, 200). En el caso del centro de reciclaje de llantas, una APP permitiría obtener la financiación necesaria y aprovechar la experiencia y recursos del sector privado, mientras el municipio mantiene su rol de autoridad y control sobre la gestión del proyecto.

Respecto de los beneficios que se obtendrían al implementar esta alternativa se tiene que, desde el punto de vista económico, el reciclaje de llantas puede generar oportunidades de negocio y empleo local en el sector de gestión de residuos. La creación de plantas de reciclaje brinda la posibilidad de obtener varios productos hechos a base de llantas como muebles, mesas, macetas, sillas, juegos infantiles, etc. tal como lo evidencia Peñaloza y Cisneros (2022), quienes además resaltan que su comercialización genera ingresos para las empresas locales, así como contribuir al desarrollo económico local.

En el ámbito social, el reciclaje de llantas puede tener un impacto positivo en la comunidad. La implementación de programas de recogida selectiva de llantas en desuso y su posterior reciclaje fomenta la participación ciudadana en la gestión de residuos y promueve la conciencia ambiental. Además, la creación de empleo local en la industria del reciclaje contribuye a la generación de oportunidades de trabajo y mejora la calidad de vida de los habitantes de Riobamba.

En términos ambientales, el reciclaje de llantas reduce la cantidad de residuos enviados a vertederos y evita la contaminación del suelo y del agua que puede resultar de su disposición inadecuada. Además, al reciclar las llantas y utilizar sus materiales como recursos secundarios, se disminuye la necesidad de extraer y procesar nuevas materias primas, lo que contribuye a la conservación de los recursos naturales y la reducción de la huella ecológica.

- **Valorización energética de llantas en desuso mediante incineración controlada o gasificación.**

El proceso de valorización energética de llantas en desuso mediante la incineración controlada o la gasificación es una alternativa para aprovechar el poder calorífico contenido en los neumáticos y convertirlo en energía útil. Canon, et al (2017) indica que este proceso implica someter las llantas a altas temperaturas en una instalación especializada para descomponer los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en ellas. En la incineración controlada, las llantas se queman en un horno a temperaturas elevadas, generando calor que se utiliza para producir vapor. El vapor se dirige a una turbina, la cual genera electricidad a través de un generador. Este proceso permite aprovechar la energía térmica de las llantas y convertirla en energía eléctrica.

Por otro lado, la gasificación es un proceso químico en el cual las llantas se someten a altas temperaturas en un ambiente controlado con un flujo limitado de oxígeno. Esto provoca la descomposición de los materiales orgánicos en un gas llamado syngas, que es una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno. El syngas puede ser utilizado como combustible para generar calor, electricidad o incluso como materia prima para la producción de otros productos químicos.

En España se ha establecido SIGNUS, una entidad encargada de regular la gestión de los neumáticos fuera de uso (NFU). Los productores e importadores de neumáticos están obligados a recoger una cantidad de NFU equivalente a la que introducen en el mercado, sin almacenarlos por más de 2 años o superar las 30 toneladas. El sistema preferido es el de gestión integrada, donde los fabricantes e importadores asumen la responsabilidad financiera en proporción a su cuota de mercado. Este sistema abarcará todas las actividades y etapas, desde la recolección hasta el reciclado o valorización de los neumáticos. Del total, el 45% es decir, 105.000 toneladas, se destinará a la valorización energética, principalmente en cementeras y acerías de arco eléctrico, donde se han depositado grandes expectativas. (Canon, et al. 2017)

La valorización energética de llantas a través de la incineración controlada o la gasificación presenta varios beneficios. Desde el punto de vista económico, puede generar una fuente de energía renovable y sostenible para el municipio. Mediante la incineración controlada o la gasificación de las llantas, se puede aprovechar el poder calorífico de los materiales y generar electricidad o calor útil. Esta energía puede ser utilizada para abastecer a la comunidad, reduciendo la dependencia de fuentes de energía convencionales y los costos asociados.

En el ámbito social, la valorización energética de llantas puede contribuir a la mejora de la calidad del aire y la salud de los habitantes de Riobamba. La incineración controlada o la gasificación de las llantas evita la liberación de contaminantes al ambiente que podrían ocurrir si las llantas fueran dispuestas de manera inapropiada. Además, al utilizar la energía generada en el proceso, se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y se contribuye a la mitigación del cambio climático.

En términos ambientales, la valorización energética de llantas en desuso evita la acumulación de residuos y su disposición en vertederos, lo que minimiza los impactos negativos en el suelo y el agua. Al aprovechar el potencial energético de las llantas, se reduce la necesidad de extraer y utilizar combustibles fósiles, disminuyendo así la huella ambiental y promoviendo la transición hacia una economía más circular y sostenible.

- **Implementación de diseño circular en la fabricación de neumáticos.**

La propuesta de ejecución de esta alternativa implica la colaboración entre fabricantes de neumáticos, entidades reguladoras y organismos competentes. El artículo 5 del Instructivo para la Gestión Integral de Neumáticos Usados (MAATE, 2015), expresa que se debe impulsar el ecodiseño como medida de prevención. Para ello, es importante que el Municipio aproveche las competencias que le otorga el COOTAD (2010) en términos de gestión ambiental y planificación del territorio.

La norma ISO 14006 (2011) define el ecodiseño como la integración de consideraciones ambientales durante el diseño y desarrollo de productos, sistemas, bienes y servicios, con el objetivo de reducir los impactos ambientales adversos a lo largo de su ciclo de vida. El ciclo de vida abarca las etapas secuenciales de un sistema de producto o servicio, que incluyen la adquisición de materias primas, el diseño, la producción, el transporte, el uso, el tratamiento al final de la vida útil y la disposición final (ISO 14044:2016).

En el contexto de la Economía Circular, el ecodiseño se enfoca en utilizar estratégicamente el diseño del producto o servicio para minimizar los impactos negativos en el medio ambiente, al tiempo que se preservan sus características y rendimiento.

Una evidencia de la aplicación de ecodiseño en la fabricación de llantas es el caso de la empresa Michelin, donde han adoptado prácticas de ecodiseño en la fabricación de sus productos.

Un ejemplo concreto es la llanta "Michelin Energy Saver", que ha sido diseñada con el objetivo de reducir el consumo de combustible de los vehículos y, por lo tanto, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta llanta ha sido desarrollada con tecnologías innovadoras que minimizan la resistencia al rodaje, lo que se traduce en un menor consumo de combustible y una mayor eficiencia energética.

Además, Michelin utiliza materiales reciclables y reciclados en la fabricación de sus llantas, reduciendo así la dependencia de recursos naturales y minimizando la generación de residuos. La compañía también ha implementado programas de recolección y reciclaje de llantas usadas, promoviendo la economía circular y asegurando una gestión adecuada de los residuos generados por sus productos.

Sobre esta alternativa es importante destacar los beneficios que su aplicación generaría en Riobamba. Desde el punto de vista económico, puede generar oportunidades de negocio y empleo en el municipio. Al adoptar enfoques de diseño que prioricen la durabilidad, la reparabilidad y la desmontabilidad de los neumáticos, se puede fomentar la creación de una industria local de recauchutado y reciclaje de neumáticos, generando empleo y promoviendo la economía circular en la región.

En el ámbito social, el diseño circular de los neumáticos puede contribuir a la seguridad vial y al bienestar de la comunidad. Mediante la incorporación de tecnologías y materiales innovadores, se pueden mejorar las propiedades de agarre, resistencia al desgaste y reducción de ruido de los neumáticos, garantizando una conducción segura y confortable para los ciudadanos. Además, al prolongar la vida útil de los neumáticos a través de la reparación y el reciclaje, se reduce la generación de residuos y se promueve la sostenibilidad. (Michelin, s.f.)

En términos ambientales, la implementación del diseño circular en la fabricación de neumáticos contribuye a la reducción de la extracción de recursos naturales y la emisión de gases de efecto invernadero. Al incorporar materiales reciclados y reciclables en la fabricación de neumáticos, se disminuye la dependencia de materias primas vírgenes y se reduce el consumo energético asociado. Asimismo, la promoción de la reutilización y el reciclaje de neumáticos evita la acumulación de residuos y los impactos negativos en el medio ambiente. (Michelin, s.f.)

En el siguiente cuadro se presenta de manera resumida las alternativas viables para el municipio de Riobamba, basadas en la reutilización, reciclaje, valorización energética y diseño circular de neumáticos, junto con sus beneficios económicos, sociales y ambientales, así como las acciones que debe realizar el Municipio para su implementación.

Tabla 4: Alternativas para el Municipio de Riobamba

Alternativa	Beneficios Económicos	Beneficios Sociales	Beneficios Ambientales	Acciones del Municipio
Reutilización de llantas en desuso	Generación de empleo en la industria del recauchutado y productos derivados	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora de la seguridad vial - Promoción de la economía local 	Reducción de residuos y disposición inadecuada	<ul style="list-style-type: none"> - Promover programas de recauchutado y fabricación de productos derivados de llantas. - Fomentar la educación vial y conciencia sobre la importancia de mantener llantas en buen estado.
Reciclaje de llantas en desuso	Creación de empleos en la industria del reciclaje de neumáticos	<ul style="list-style-type: none"> - Promoción de la cultura de sustentabilidad - Participación comunitaria en programas de reciclaje 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de la demanda de materias primas y energía - Mitigación de la contaminación del suelo y agua 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar programas de recolección y reciclaje de llantas. - Fomentar la separación y correcta disposición de llantas usadas por parte de la comunidad.
Valorización energética de llantas en desuso	Generación de energía a partir de llantas en desuso	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de residuos y disposición inadecuada - Potencial autosuficiencia energética 	Aprovechamiento del poder calorífico de las llantas	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer plantas de incineración o gasificación de llantas y promover la generación de energía a partir de ellas. - Regular y monitorear el cumplimiento de normas y regulaciones relacionadas con la valorización energética.

Diseño circular de neumáticos	Estimula la innovación y creación de empleo en la industria de neumáticos	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora de la seguridad vial - Promoción de la conciencia ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del consumo de recursos naturales - Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero 	<ul style="list-style-type: none"> - Promover la investigación y desarrollo de neumáticos duraderos, reparables y reciclables. - Establecer estándares y normativas que fomenten el diseño circular en la fabricación de neumáticos.
-------------------------------	---	---	---	--

Elaboración: El Autor

2.3. Matriz de Marco Lógico

Se presentará la Metodología del Marco Lógico (MML) como enfoque de planificación y gestión para abordar la problemática de la gestión integral de las llantas en desuso en el municipio de Riobamba. La MML es una herramienta ampliamente reconocida en proyectos de desarrollo, que proporciona una estructura lógica y sistemática para definir los objetivos, actividades, indicadores y medios de verificación necesarios para lograr los resultados deseados. Su aplicación permitirá una gestión eficiente de los recursos y una evaluación rigurosa del impacto de las acciones implementadas. Mediante el uso de esta metodología, se buscará identificar y diseñar alternativas viables que consideren aspectos económicos, sociales y ambientales, con el objetivo de mejorar la gestión integral de los neumáticos usados en el municipio de Riobamba.

Tabla 5: MML alternativas de gestión llantas en desuso Municipio de Riobamba

Resumen Narrativo	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin Contribuir en la reducción de la contaminación creada por las llantas en desuso en el municipio de Riobamba.	Volumen de llantas en desuso depositadas en lugares inapropiados.	Informes de monitoreo periódico de los sitios de disposición de llantas y la recolección de datos sobre la cantidad de llantas retiradas y gestionadas adecuadamente.	Implementación efectiva de medidas de sensibilización y educación ciudadana sobre la gestión adecuada de las llantas en desuso, promoviendo la participación de la comunidad en el programa de recolección y disposición de llantas
Propósito Implementar alternativas sostenibles para la gestión de llantas en desuso en el municipio de Riobamba, promoviendo la economía circular.	Tasa de reutilización y reciclaje de llantas en desuso.	Registro y seguimiento de la cantidad de llantas reutilizadas y recicladas en el municipio, mediante la colaboración de entidades locales y empresas especializadas.	Disponibilidad de infraestructura adecuada y capacitación en técnicas de reutilización y reciclaje de llantas para los actores involucrados.
Componente 1 Reutilización de llantas en desuso	Número de productos fabricados a partir de llantas reutilizada.	Registro y seguimiento de los productos fabricados a partir de llantas reutilizadas en el municipio de Riobamba, mediante informes y reportes proporcionados por las empresas y emprendimientos involucrados.	Existencia de empresas y emprendimientos locales capacitados y comprometidos para la fabricación de productos a partir de llantas reutilizadas. Disponibilidad de canales de distribución y mercado para la venta de los productos.
Componente 2 Reciclaje de llantas en desuso	Volumen de llantas enviadas a disposición final.	Registro y seguimiento de la cantidad de llantas recicladas y destinadas a la fabricación de nuevos productos o materiales, mediante informes y reportes proporcionados por las empresas y plantas de reciclaje.	Establecimiento de infraestructuras de reciclaje adecuadas y tecnologías eficientes para el procesamiento de las llantas. Colaboración activa de empresas y entidades encargadas de la gestión de residuos en el municipio.
Componente 3 Valorización energética de llantas en desuso	Generación de energía a partir de llantas valorizadas que cubrirá una parte de la	Registro y seguimiento de la cantidad de llantas valorizadas y la energía generada, mediante informes y reportes proporcionados	Establecimiento de plantas de valorización energética con tecnologías adecuadas y cumplimiento de las regulaciones ambientales para el

	demanda energética del municipio.	por las plantas de valorización energética y empresas encargadas de la producción y distribución de energía.	aprovechamiento energético de las llantas en desuso. Cooperación con entidades responsables de la gestión energética en el municipio.
Componente 4 Diseño circular de neumáticos	Porcentaje de neumáticos diseñados con principios de economía circular.	Registro y seguimiento de la cantidad de neumáticos diseñados con principios de economía circular, mediante informes y reportes proporcionados por las empresas fabricantes de neumáticos y entidades encargadas de la regulación y supervisión.	Fomento de la investigación y desarrollo de tecnologías y materiales más sostenibles para la fabricación de neumáticos. Establecimiento de políticas y regulaciones que promuevan la adopción de principios de economía circular en la industria del neumático.
Actividad C1 Promover la creación de talleres y emprendimientos locales para la fabricación de productos a partir de llantas reutilizadas.	Capacitación y asesoría técnica Equipamiento y herramientas Materiales adicionales	Registro de talleres y emprendimientos establecidos, informes de capacitación y asesoría técnica, seguimiento de la producción de productos reutilizados.	Disponibilidad de espacios adecuados para talleres y emprendimientos. Colaboración activa de los participantes y su disposición para implementar las técnicas de reutilización.
Actividad C2 Reciclaje de llantas en desuso	Construcción de infraestructura Maquinaria y equipos Personal y capacitación	Registro de la planta de reciclaje, informes de inversión y gastos, seguimiento de los procesos de reciclaje y producción de nuevos productos.	Obtención de los permisos y licencias necesarios para la construcción y operación de la planta de reciclaje. Disponibilidad de llantas suficientes para garantizar la continuidad de la operación.
Actividad C3 Implementar una planta de valorización energética para la generación de electricidad a partir de las llantas.	Construcción de la planta Equipos y tecnología Personal y capacitación	Registro de la planta de valorización energética, informes de inversión y gastos, seguimiento de la producción de energía.	Obtención de los permisos y licencias necesarios para la construcción y operación de la planta. Disponibilidad de la demanda energética suficiente para garantizar la utilización de la energía generada.
Actividad C4 Estimular la investigación y desarrollo de nuevos materiales y tecnologías para la fabricación de neumáticos con principios de economía circular.	Investigación y desarrollo Contratación de expertos y consultores Equipamiento de laboratorios	Informes de investigación y desarrollo, registros de contratos y pagos a expertos, seguimiento de los avances en el diseño circular de neumáticos.	Participación activa de investigadores y expertos en el campo de la fabricación de neumáticos. Disponibilidad de fondos para respaldar la investigación y el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías.

Elaboración: El Autor

La implementación de la Matriz de Marco Lógico (MML) en el proyecto “Rueda Verde Riobamba: Impulsando la economía circular y reduciendo la contaminación ambiental” reviste una gran importancia, puesto que brinda una estructura sólida y sistemática para la planificación, seguimiento y evaluación de acciones.

2.4. Mapeo de riesgos y obstáculos para su implementación.

La identificación y análisis de los riesgos y obstáculos es una etapa crucial en la planificación y ejecución de proyectos. Es fundamental anticiparse a posibles situaciones adversas que podrían surgir durante su implementación y contar con estrategias de mitigación adecuadas. Por tanto, es necesario realizar un mapeo de riesgos y obstáculos que nos permita identificar los posibles desafíos y establecer medidas de prevención y respuesta.

Al realizar este mapeo, podemos anticipar escenarios adversos y diseñar estrategias para mitigar los riesgos identificados. Esto implica establecer medidas preventivas y correctivas, asignar recursos adecuados, definir responsabilidades claras y establecer sistemas de monitoreo y seguimiento. Además, nos permite prepararnos para enfrentar obstáculos, como resistencia social, barreras legales o limitaciones de recursos, y buscar soluciones viables y sostenibles.

En la siguiente tabla se presenta el mapeo de riesgos y obstáculos para la implementación del proyecto:

Tabla 6: Mapeo de riesgos y obstáculos alternativas de gestión llantas en desuso

Riesgo/obstáculo	Impacto	Medidas de mitigación
Resistencia o falta de participación de la comunidad local.	Puede afectar la implementación exitosa del proyecto y la adopción de prácticas sostenibles.	Realizar campañas de sensibilización y educación para involucrar a la comunidad en el proyecto. Establecer alianzas con organizaciones locales y líderes comunitarios para promover la participación.
Limitaciones de recursos financieros.	Puede afectar la ejecución adecuada de las actividades planificadas.	Buscar fuentes de financiamiento adicionales, como subvenciones, donaciones o colaboraciones con entidades públicas o privadas. Explorar la posibilidad de establecer acuerdos de colaboración con empresas interesadas en la economía circular.
Barreras legales y regulatorias.	Puede obstaculizar la implementación y el cumplimiento de las normativas vigentes.	Realizar un análisis exhaustivo de las regulaciones locales y nacionales relacionadas con la gestión de neumáticos usados. Establecer comunicación y colaboración con las autoridades competentes para obtener los permisos y licencias necesarios.
Limitada infraestructura y tecnología para la gestión de neumáticos usados.	Puede dificultar la implementación efectiva de las alternativas propuestas.	Realizar un estudio de viabilidad técnica y financiera para identificar las necesidades de infraestructura y tecnología. Buscar alianzas estratégicas con empresas o instituciones que cuenten con la experiencia y capacidad necesaria.
Cambios en las condiciones del mercado y la demanda de productos derivados de neumáticos usados.	Puede afectar la viabilidad económica a largo plazo del proyecto.	Realizar un análisis de mercado y tendencias para evaluar la demanda y las oportunidades de comercialización de los productos derivados de neumáticos usados. Mantener un monitoreo constante y flexibilidad en la estrategia comercial.

Elaboración: El Autor

2.5. Propuesta de hoja de ruta para la ejecución del proyecto

Se propone una hoja de ruta para el Municipio de Riobamba, basada en un enfoque gradual y sistemático para la implementación del proyecto. La ejecución exitosa dependerá de la asignación adecuada de recursos, la participación de los actores involucrados y el compromiso continuo de las autoridades municipales en la promoción de la economía circular y la gestión sostenible de las llantas usadas:

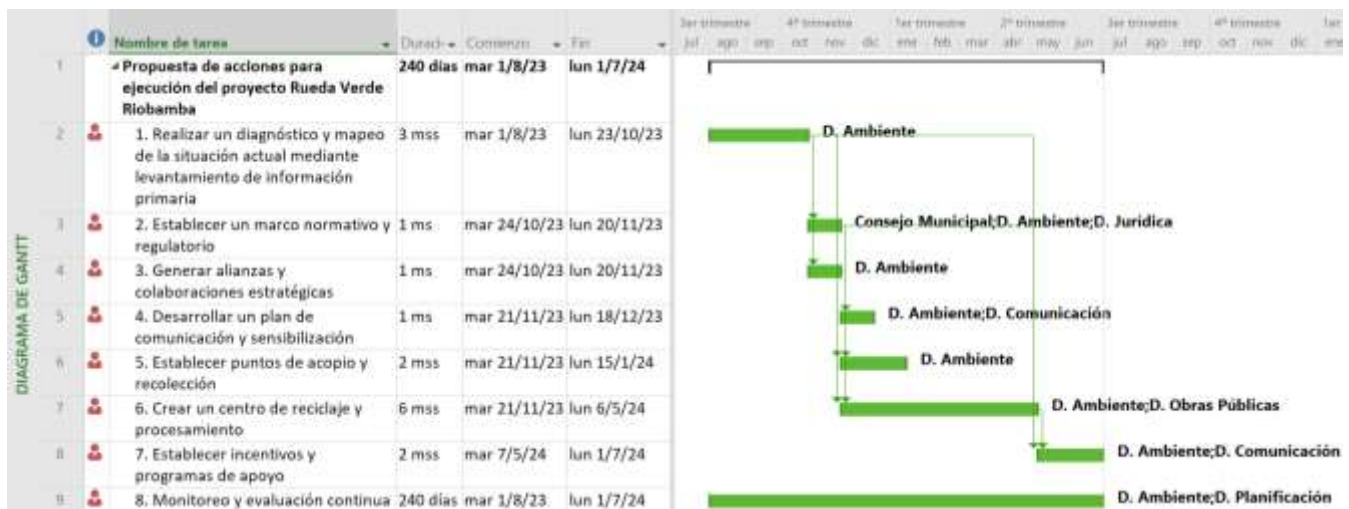
1. Realizar un diagnóstico y mapeo de la situación actual con levantamiento de información primaria: Se debe llevar a cabo un estudio exhaustivo para comprender la cantidad de llantas usadas generadas, los puntos de acopio existentes, los actores involucrados y las prácticas actuales de gestión. Esto permitirá identificar las necesidades y desafíos específicos de Riobamba.
2. El municipio debe revisar y actualizar las normativas existentes relacionadas con la gestión de residuos sólidos y específicamente con el manejo de llantas usadas. Se deben establecer políticas y regulaciones claras que promuevan la economía circular y el ecodiseño.
3. Establecer alianzas y colaboraciones estratégicas: Es importante establecer alianzas con empresas fabricantes de llantas, proveedores de servicios de recolección y reciclaje, instituciones académicas y organizaciones ambientales. Estas alianzas ayudarán a obtener conocimientos técnicos, apoyo financiero y compartir buenas prácticas.
4. Desarrollar un plan de comunicación y sensibilización: Se debe implementar una campaña de concientización dirigida a la comunidad, empresas y otros actores relevantes. Esta campaña debe resaltar la importancia de la gestión adecuada de las llantas usadas, los beneficios ambientales y económicos de la economía circular, y cómo pueden participar en el proyecto.
5. Establecer puntos de acopio y recolección: Se deben identificar y establecer puntos estratégicos de acopio de llantas usadas en diferentes zonas de la ciudad. Además, se debe implementar un sistema eficiente de recolección y transporte de las llantas hacia el centro de reciclaje.
6. Crear un centro de reciclaje y procesamiento: Se debe construir e implementar un centro de reciclaje y procesamiento de llantas usadas. Esto incluye la adquisición de maquinaria y equipos especializados para la

trituration, separación de materiales y valorización energética. También se debe garantizar la capacitación del personal encargado de operar el centro.

7. Establecer incentivos y programas de apoyo: El municipio puede considerar la implementación de incentivos para los actores involucrados. Asimismo, se pueden establecer programas de apoyo financiero para fomentar la adopción de prácticas sostenibles por parte de las empresas y promover la economía circular en la ciudad.
8. Monitoreo y evaluación continua: Es fundamental establecer un sistema de monitoreo y evaluación para medir los resultados y el impacto del proyecto. Esto permitirá realizar ajustes y mejoras a medida que se avanza en la implementación y asegurar la efectividad de las estrategias y acciones emprendidas.

En la figura 5 se propone al Municipio de Riobamba una hoja de ruta para la ejecución de este proyecto, con fechas referenciales, así como direcciones o áreas responsables, mostrando que su ejecución tendría una duración de 240 días aproximado:

Figura 5: Hoja de ruta propuesta para ejecución del proyecto



Elaboración: El Autor

Conclusiones y recomendaciones.

En el marco del proyecto Rueda Verde Riobamba, se ha llevado a cabo un análisis y desarrollo de diferentes alternativas para la gestión integral de llantas en desuso en el municipio. A lo largo de este proceso se han propuesto soluciones innovadoras y se han evaluado los beneficios económicos, sociales y ambientales de cada alternativa. En esta sección, presentaremos las conclusiones y recomendaciones obtenidas a partir del análisis.

Conclusiones

El proyecto "Rueda Verde Riobamba" presenta una propuesta integral para abordar la problemática de las llantas usadas y su impacto ambiental en el municipio. A través de la implementación de estrategias basadas en la economía circular, se busca promover la valorización de las llantas y reducir la contaminación ambiental.

Al realizar un análisis comparativo con experiencias similares, se evidencia que proyectos de reciclaje y valorización de llantas han sido implementados en diferentes lugares con resultados positivos. Estas experiencias demuestran que es factible llevar a cabo iniciativas de este tipo y obtener beneficios tanto ambientales como económicos y sociales.

Una fortaleza de esta propuesta radica en el marco regulatorio existente en el Ecuador estudiado a lo largo del proyecto, que permiten gestionar este tipo de residuos, aplicando los principios de economía circular. La diversidad de alternativas abordadas son otra gran fortaleza, se ha comprobado que la reutilización de llantas en desuso ofrece una oportunidad significativa para prolongar su vida útil y reducir la generación de residuos. Mediante la reutilización de llantas en

actividades como el asfaltado de calles y carreteras, se logra un doble beneficio al mejorar la infraestructura vial y evitar el desecho prematuro de estos materiales. Esto conlleva a una reducción de costos y una disminución en la demanda de recursos naturales.

Así también, el reciclaje de neumáticos usados se ha demostrado como una opción efectiva para la valorización de materiales. A través de técnicas y procesos adecuados, se pueden recuperar materiales como el caucho, el acero y las fibras textiles presentes en las llantas, los cuales pueden ser utilizados como materias primas en diferentes industrias. El reciclaje de neumáticos no solo reduce la cantidad de residuos enviados a vertederos, sino que también contribuye a la conservación de recursos naturales y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Además, la valorización energética de neumáticos usados mediante su incineración controlada para la generación de energía ha mostrado ser una alternativa viable y sostenible. Esta práctica permite aprovechar el alto poder calorífico del caucho contenido en las llantas para la producción de electricidad o calor, contribuyendo a la diversificación de la matriz energética y reduciendo la dependencia de fuentes no renovables.

Por último, el enfoque de diseño circular aplicado a la gestión de neumáticos usados en Riobamba ha demostrado ser una estrategia innovadora y prometedora. Mediante la adopción de este enfoque, se busca diseñar llantas con mayor durabilidad, facilidad de desmontaje y mayor capacidad de reciclaje. Esto implica una reconfiguración del ciclo de vida de los neumáticos, priorizando la reducción de residuos y la optimización de los recursos utilizados.

Sin embargo, también es importante destacar algunas debilidades y desafíos que deben ser considerados. La inversión inicial requerida, tanto en infraestructura como en equipamiento especializado, puede representar un desafío financiero para el municipio. Además, la coordinación y participación de los diferentes actores involucrados, como fabricantes, proveedores y la comunidad en general, es fundamental para el éxito del proyecto.

Es fundamental que las conclusiones obtenidas sean consideradas por las autoridades municipales y otras partes interesadas para la implementación de políticas, regulaciones y programas que promuevan una gestión integral y sostenible de los neumáticos usados en Riobamba. Al hacerlo, se estará avanzando hacia un modelo de economía circular que optimice los recursos disponibles y contribuya al desarrollo sostenible del municipio.

Recomendaciones

Basándonos en los resultados del diseño de este proyecto se ha identificado varias recomendaciones clave. En primer lugar, es fundamental fomentar la creación de alianzas estratégicas entre el municipio, empresas privadas, organizaciones de la sociedad civil y la comunidad local. Estas alianzas permitirán la implementación efectiva de las alternativas propuestas, así como la colaboración en programas de capacitación, difusión y sensibilización sobre la gestión integral de neumáticos usados.

Además, se recomienda fortalecer la legislación y las normativas existentes relacionadas con la gestión de llantas en desuso. Esto implica revisar y actualizar las regulaciones vigentes, asegurando su cumplimiento por parte de todas las partes involucradas y estableciendo sanciones claras para aquellos que no cumplan con las disposiciones. Asimismo, se sugiere promover la investigación y el desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles para el tratamiento de los neumáticos en desuso. Esto incluye la exploración de procesos de reciclaje y valorización energética más avanzados, así como la incorporación de principios de economía circular en el diseño y fabricación de neumáticos.

Es crucial fomentar la participación activa de la comunidad en el proyecto. Se sugiere llevar a cabo campañas de concientización y educación ambiental para informar a los ciudadanos sobre la importancia del reciclaje de llantas y los beneficios de la economía circular. Además, se deben establecer canales de comunicación efectivos para que los ciudadanos puedan reportar la disposición inadecuada de llantas usadas y participar en programas de recolección.

Por último, se recomienda establecer mecanismos de monitoreo y seguimiento continuo para evaluar el progreso y los impactos de las acciones implementadas. Esto permitirá realizar ajustes y mejoras en el tiempo, garantizando la eficacia y sostenibilidad a largo plazo de las iniciativas de gestión de neumáticos usados en el municipio de Riobamba.

Referencias bibliográficas

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad (2020). Informe anual de gestión 2019.
- Alcaldía de Medellín (2021). Plan de Desarrollo 2020-2023: Medellín Futuro.
- Asamblea Nacional de Ecuador. (2017). Ley Orgánica de Gestión Integral de Residuos. Registro Oficial, No. 906.
- Ayala, J., Reales, R., Torres, M., & Castro, E. (2015). Uso de caucho de neumático reciclado en la construcción de pavimentos. *Informes de la Construcción*, 67(539), e097.
- Barriga, M., Morales, S., Álvarez, R., & Escobar, A. (2018). Reciclaje y reutilización de llantas usadas como un enfoque sostenible y amigable con el medio ambiente. *REVISTA APORTES*, 2(34), 71-79.
- Canon, F., Ragaert, K., & Vandecasteele, C. (2017). Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso. En *Reciclaje y valorización de residuos* (pp. 309-334). Ediciones Díaz de Santos.
- Dinero (27 de abril de 2017). El promisorio futuro del negocio de las llantas en Colombia.
- Duque, P., Montalvo, N., & Vivas, D. (2019). Reciclaje y reutilización de llantas usadas en pavimentos flexibles. *Revista UIS Ingenierías*, 18(2), 129-136.
- European Commission. (2020). The Circular Economy Action Plan. Recuperado de https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf
- Frend, J. (2022). Reciclaje de llantas y su trituración: solución a una problemática. Repositorio Digital. Universidad Simón Bolívar. <http://bonga.unisimon.edu.co/handle/20.500.12442/11125>
- Fundación Ellen MacArthur (2015). Economía circular. <https://bit.ly/3mBiUNW> (consultado el 01/06/2023).
- Geoportal Riobamba s.f. Recuperado de: <https://experience.arcgis.com/experience/b023006af3334d16ba9cff9d746af31d/page/Inicio/?draft=true&org=gadmriobamba&views=View-1>
- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (2021). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos 2020-2030.
- Grünig, R., & Kühn, R. (2005). Process-based strategic planning.
- Guerrero, F., Maas, G., & Hogland, W. (2013). Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, 33(10), 2201-2202.
- Gutiérrez, M., Morillo, L., & Ortiz, R. (2018). Análisis de la gestión de los neumáticos fuera de uso en la ciudad de Riobamba. *Revista Venezolana de Gerencia*, 23(82), 298-316.
- Gutiérrez, E., Aguilar, G., & Torres, A. (2018). Economía circular y sostenibilidad en el ámbito municipal. Estudio de caso en la ciudad de Guayaquil, Ecuador. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos y Regionales*, 44(132), 43-59
- Ilustre Municipio de Cuenca (2021). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca 2020-2030.
- Kaczala, F., Alegre, I., Maravalhas, N., & Körtvélyesi, T. (2017). Análisis de la gestión de neumáticos fuera de uso en Europa. *Revista de Ingeniería*, (46), 37-41.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232. doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005
- Locke, E., & Latham, G. (1990). Goal setting and task performance. *Psychological Bulletin*, 90, 125–152.
- Lederer, J., Wei, J., & Mitsos, A. (2019). Techno-economic assessment of waste tyre pyrolysis—review and discussion. *Journal of Cleaner Production*, 216, 641-659.
- MacArthur, E. (2015). *Towards the Circular Economy. Vol. 1: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition.*
- MacArthur, E. (2021). Universal circular economy policy goals. Ellen MacArthur Foundation. Macarthur, E., & Heading, H. (2019). How the circular economy tackles climate change. *Ellen MacArthur Found*, 1, 1-71.
- Manzone, L., Ren, J., & Jiang, Y. (2020). Waste tyres to energy: A review on the status quo and performance enhancement techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 124, 109792.
- Michelin. (s.f.). Michelin Energy Saver. Recuperado de: <https://www.michelin.com.mx/neumaticos/michelin-energy-saver>
- Ministerio del Ambiente. (2018). Plan de Gestión Integral de los Neumáticos Usados. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial No. 98: Instructivo para la Gestión Integral de Neumáticos Usados. Quito, Ecuador.
- Municipalidad de San Juan de Lurigancho (2021). Plan Estratégico de Gestión Ambiental Municipal 2021-2023.
- Municipio de Quito (2021). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Distrito Metropolitano de Quito 2021-2030.
- NTE INEN-AFNOR. (2018). NTE INEN-AFNOR XP X30-901 Economía Circular - Sistemas de Gestión de Proyectos de Economía Circular - Requisitos y Directrices (AFNOR XP X30-901:2018, IDT). Quito

- Ortegón, E., Pacheco, J. F., & Prieto, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Cepal.
- Pacheco, C., Chiriboga, X., & Galarza, F. (2019). Evaluación del impacto ambiental ocasionado por el desecho de llantas en la ciudad de Riobamba. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.
- Palacios, A. y América, L. (1997) «Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos,» de Introducción a la toxicología ambiental, Metepec, ECO, pp. 37-52.
- Paredes, D., Chicaiza, J., & Naranjo, M. (2019). Análisis de las prácticas de manejo de llantas en la ciudad de Riobamba. En XXV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Zaragoza, España.
- Patiño, L. V. y Rodríguez Ramos, M. A.(2017). Llantas usadas: materia prima para pavimentos y múltiples ecoaplicaciones. Revista Ontare. 5, p 73 - 114.
- Peñaloza Lopez, V., & Cisneros Razo, M. D. (2022). Análisis económico de productos a partir de reciclados. Caso: recicladora verde neumático: Economic analysis of products from recycled. Case: green pneumatic recycler. RES NON VERBA REVISTA CIENTÍFICA, 12(1), 158–176.
- Savas, E. S. (2000). Privatization and public-private partnerships. Chatham House Publishers.
- Sistema Ecuatoriano de Neumáticos Usados. (2018). “Ecuador tendrá sistema integral de gestión de llantas usadas”.
- Stahel, W. R. (2016). The circular economy. Nature, 531(7595), 435-438. doi: 10.1038/531435^a
- UNE-EN ISO 14044:2016 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida, Requisitos y Directrices.
- UNE-EN ISO 14006:2011 Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño.
- Vargas, P., Fares, C., & Chico-Sanchez, K. (2019). Propuesta para el manejo adecuado de llantas usadas en el cantón Riobamba. Revista I+D Tecnológico, 11(1), 87-96.