



**GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS
LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL
MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO
REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL
MAGDALENA**



**GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS
LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO
DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR
CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA**

PRESENTADO POR:

ADELA ESTHER OROZCO SEQUEA

CÓDIGO:

2017117071

PRESENTADO A:

**DAMARIS ANDREA JIMÉNEZ URIBE
TUTOR DE PRÁCTICAS PROFESIONALES**

**JORGE ANDRÉS TORREGROZA SANCHEZ
JEFE INMEDIATO EMPRESA**

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

FECHA DE ENTREGA: 28/12/2021



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



CONTENIDO

1.	PRESENTACIÓN	4
2.	OBJETIVOS Y FUNCIONES	5
2.1.	Objetivo General	5
2.2.	Objetivos Específicos	5
2.3.	Funciones del practicante en la organización	5
3.	JUSTIFICACIÓN	6
4.	GENERALIDADES DE LA EMPRESA	8
5.	SITUACIÓN ACTUAL	10
6.	BASES TEÓRICAS RELACIONADAS	11
7.	DESARROLLO DE ACTIVIDADES: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	14
7.1	Alcance del ACV	14
7.2	Inventario del ciclo de vida (ICV)	14
7.3	Evaluación de impactos del ciclo de vida (EICV)	22
7.4	Interpretación de resultados	23
7.4.1	Relación entre ICV y EICV	23
7.4.2	Identificación de puntos críticos y oportunidades de mejora	30
8.	GESTIÓN DE LAS LLANTAS USADAS COMO RESIDUOS POSCONSUMO	34
9.	CRONOGRAMA	36
10.	CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS	37
11.	REFERENCIAS	38
12.	ANEXOS	42

	<p>GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA</p>	
---	--	---

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Entradas y salidas por etapa del ciclo de vida de las llantas
- Tabla 2. Efectos de los SO_x y NO_x en el medio ambiente
- Tabla 3. Principales estrategias de agroecología

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Estructura organizacional CORPAMAG
- Figura 2. Distribución de los componentes de un neumático
- Figura 3. Línea de producción del caucho natural
- Figura 4. Diagrama de bloques y nomenclatura del proceso de producción de Negro de Humo
- Figura 5. Proceso de fabricación de neumáticos
- Figura 6. Materias primas del proceso de reencauche
- Figura 7. Rangos de calificación de parámetros ambientales
- Figura 8. Servicios ecosistémicos y comerciales de los bosques
- Figura 9. Ruta de los microplásticos en la cadena trófica
- Figura 10. Calificación ambiental definitiva para las tres primeras etapas del ciclo de vida de las llantas
- Figura 11. Calificación ambiental para cada alternativa de disposición final de las llantas
- Figura 12. Clasificación de estrategias para la reducción de NEE
- Figura 13. Punto crítico por etapa y oportunidad de mejora
- Figura 14. Productos fabricados con caucho reciclado
- Figura 15. Cronograma de actividades



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



1. PRESENTACIÓN

Este informe se presenta como requisito para la opción de grado en la modalidad de prácticas profesionales; realizadas en el periodo comprendido entre el 01 de Septiembre y 31 de Diciembre de 2021, en el rol de practicante de Ingeniería Ambiental en la Subdirección de Gestión Ambiental de la Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG), sede Santa Marta.

Dentro de estas prácticas se desarrollaron actividades como la elaboración de conceptos técnicos y el acompañamiento a visitas de control y seguimiento; así como a actividades de monitoreos ambientales de usuarios beneficiados con permisos ambientales. Además, se llevó a cabo el acompañamiento en la jornada de recolección de residuos posconsumo, realizada de manera anual desde el año 2015. En este sentido, se identificó la importancia de consolidar el análisis de ciclo de vida de algunos de los residuos posconsumo que son tenidos en cuenta en el marco de estas jornadas; en este caso, las llantas usadas. Esto, con el objetivo de cualificar el grado de afectación al medio ambiente en cada etapa de producción de las mismas, además de analizar distintos escenarios de disposición final del residuo como incineración, valorización o recolección posconsumo en el marco de las jornadas mencionadas.

Para la realización de este proyecto se seleccionó la metodología de evaluación de impactos ambientales por medio de una matriz que permite determinar el vínculo entre las actividades que hacen parte del ciclo de vida del producto y el medio ambiente. Con esto se determinan los puntos críticos del ciclo, o las etapas en las que se generan más residuos y por lo tanto más afectaciones al entorno, para las cuales se establecen oportunidades de mejora y de reducción de impactos.

	<p style="text-align: center;">GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA</p>	
---	--	---

2. OBJETIVOS Y FUNCIONES

2.1. Objetivo General

Elaborar el análisis del ciclo de vida de las llantas como residuos posconsumo.

2.2. Objetivos Específicos

- ❖ Definir el alcance y límites del análisis de ciclo de vida de las llantas.
- ❖ Realizar el inventario del ciclo de vida de las llantas, incluyendo entradas y salidas del sistema susceptibles de causar impactos ambientales.
- ❖ Desarrollar la evaluación de los impactos del ciclo de vida de las llantas sobre el medio ambiente y la salud humana.
- ❖ Establecer la relación entre el inventario del ciclo de vida y la evaluación de los impactos del ciclo de vida de las llantas.
- ❖ Determinar la influencia en el medio ambiente de una correcta recolección posconsumo como parte de la disposición final de los residuos de las llantas usadas en el departamento del Magdalena.

2.3. Funciones del practicante en la organización

- ❖ Elaborar los conceptos técnicos de los trámites de las solicitudes de concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales requeridas por la ley para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables o para el desarrollo de actividades que afecten o puedan afectar el ambiente.
- ❖ Proyectar los conceptos técnicos que sirvan como fundamento de los actos administrativos que ordenen la imposición y ejecución a prevención y sin perjuicio de las competencias atribuidas por la ley a otras autoridades, las medidas de policía y las sanciones previstas en la ley, en caso de violación a las normas de protección ambiental y de manejo de recursos naturales renovables y exigir, con sujeción a las regulaciones pertinentes y la reparación de los daños causados.

	<p style="text-align: center;">GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA</p>	
---	--	---

3. JUSTIFICACIÓN

La disposición final de los residuos representa el desenlace de la vida útil de los productos que son fabricados por el hombre para su subsistencia y esparcimiento; y al igual que las demás etapas del ciclo de vida de estos artículos, acarrea una gran cantidad de impactos ambientales negativos que, de realizarse los cambios operacionales necesarios, podrían prevenirse; o al menos, minimizarse.

Entre las estrategias para la promoción de tecnologías productivas más amigables con el ambiente se encuentra el estudio del ciclo de vida de los bienes, el cual permite definir metodologías para mejorar el desempeño ambiental de los mismos, ya que proporciona información sobre dónde se originan los principales daños y cuáles son; para orientar las actividades de investigación hacia la disminución de los impactos (Arena, 2017). Ahora bien, cuando se habla de los productos que generan residuos posconsumo como las llantas, la fase final de este análisis cobra mayor importancia, ya que como lo afirma la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC, 2017) estos son desechos que por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje y compactación, no pueden ser recolectados, manejados, tratados o dispuestos normalmente por la persona prestadora del servicio público de aseo.

Existe una gran variedad de impactos ambientales perjudiciales que son generados por cuenta de la inadecuada disposición final de los residuos posconsumo como las llantas. A pesar de que actualmente en Colombia estas no están categorizadas como residuos peligrosos, su manejo inadecuado y los componentes con que están fabricadas pueden llevar a condiciones especiales potencialmente perjudiciales para el ambiente. La quema de llantas genera emisiones contaminantes como material particulado, monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), y compuestos orgánicos volátiles (COV_s); además, su almacenamiento inadecuado promueve la proliferación de vectores e incrementa el riesgo de incendios (Cámara de comercio de Bogotá, 2006).

Teniendo en cuenta lo anterior, el correcto manejo de los residuos posconsumo ha cobrado gran trascendencia para las autoridades de todo el mundo, y las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) de Colombia no son la excepción. Es así como, por medio de alianzas con distintos gestores autorizados de estos desechos, la Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG) realiza de manera anual jornadas de recolección de residuos posconsumo, que, además de promover el acopio de los desechos, fomenta en la corporación el estudio de cada uno de estos, a través del análisis de la vida útil de los productos que los generan y cómo su correcta disposición final beneficia al medio ambiente.

Finalmente, es importante mencionar que a pesar de la relevancia que tiene la indagación sobre los residuos posconsumo, la mayoría de ellos no cuenta con información documentada



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



sobre su proceso productivo e impactos ambientales al finalizar su vida útil. Es por esto que las autoridades e instituciones deben continuar la promoción de las investigaciones enfocadas a este campo, de manera que contribuyan a la preservación de los ecosistemas y el medio ambiente en general.

	<p style="text-align: center;">GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA</p>	
---	--	---

4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

La Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG) es la primera autoridad ambiental a nivel regional. Su sede principal se encuentra ubicada en la ciudad de Santa Marta, en la Avenida del Libertador # 32-201. También tiene instalaciones en otras zonas del departamento, como Fundación, Ciénaga, Pivijay, Plato y Santa Ana.

CORPAMAG, a diferencia de las demás corporaciones autónomas regionales, fue creada en 1988 con el nombre de Corporación Autónoma Regional del Magdalena y de la Sierra Nevada de Santa Marta, y posteriormente fue modificada en su jurisdicción por la ley 99 de 1993, además de otorgarse su denominación actual, y en la actualidad está bajo la dirección general del doctor Carlos Francisco Diazgranados Martínez (Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible [ASOCARS], s.f.)

Como se puede observar en la figura 1, los servicios prestados por la organización se encuentran asignados a tres subdirecciones entre las que se encuentra la Subdirección de Gestión Ambiental. Esta se encarga principalmente de atender los trámites de permisos ambientales de emisiones atmosféricas, vertimientos de aguas residuales domésticas y no domésticas a cuerpos de agua y al suelo, aprovechamiento forestal, entre otros. Para ello, el personal de la subdirección estudia la información presentada por la persona interesada, y lleva a cabo visitas de inspección que soportan el concepto técnico sobre el cual se otorga o niega el permiso. Además, se reciben las solicitudes de licencias ambientales y se realiza el cobro de tasas retributivas y otras medidas ambientales económicas, entre otras actividades.

❖ *Misión*

Prestar los servicios de educación ambiental; planificación, administración, control y manejo sostenible de los recursos naturales; y, gestión de proyectos para la sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo, aplicando las disposiciones legales vigentes, como máxima autoridad ambiental en el Departamento del Magdalena (Corporación Autónoma Regional del Magdalena [CORPAMAG], 2013)

❖ *Visión*

Para el año 2019, la Corporación Autónoma Regional del Magdalena será reconocida por su liderazgo en la promoción de sinergias institucionales que logre un compromiso de todos por un territorio ambientalmente saludable y sostenible (CORPAMAG, 2013).

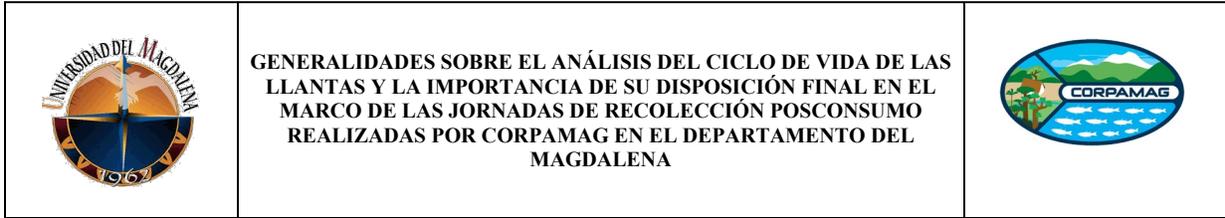
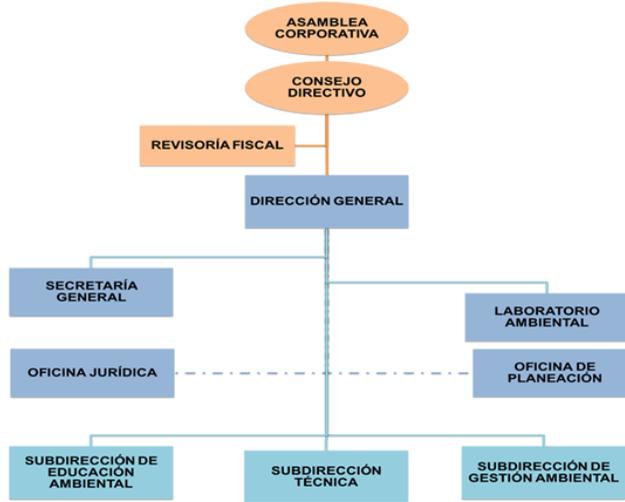


Figura 1 Estructura organizacional CORPAMAG



Nota: Adaptado de Estructura organizacional, por CORPAMAG, 2012,
<https://www.corpamag.gov.co/index.php/es/transparencia/quienes-somos/estructura-organizacional>

	<p style="text-align: center;">GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA</p>	
---	--	---

5. SITUACIÓN ACTUAL

La Corporación Autónoma Regional del Magdalena, en conjunto con los distintos gestores autorizados de residuos posconsumo Lumina, Recopila, RLG Américas, Coexito, Campo Limpio, Aprovet y Ecogestiones; lleva a cabo jornadas anuales de recolección de residuos posconsumo desde el año 2015. Estas jornadas se realizan en distintos puntos estratégicos del departamento -Santa Marta, Zona Bananera, Aracataca y Ciénaga-, para garantizar una amplia cobertura del servicio de recolección. De acuerdo con el gestor, a lo largo de estas se han recibido alrededor de 5000 unidades entre llantas de automóvil, camioneta, camión, moto y bicicleta. En la más reciente edición de la actividad -2021- se recolectaron aproximadamente 130 kg de este residuo; siendo Ciénaga el punto donde más llantas se recibieron.

Algunas de las empresas mencionadas tienen como parte de su agenda la investigación y el estudio de los residuos posconsumo, así como de los residuos que los generan; además de originar informes periódicos sobre las cantidades de desechos recolectadas y la importancia de su apropiada disposición final. Sin embargo, no todas generan información documentada que sea de utilidad para enriquecer la literatura sobre el tema, y la mayoría de los residuos posconsumo no poseen estudios a nivel local sobre sus ciclos de producción y posibles impactos ambientales en caso de una incorrecta disposición. Ante esto, CORPAMAG ha promovido iniciativas relacionadas con la indagación al respecto.

Por otro lado, la corporación se ha encargado de implementar en sus instalaciones y los alrededores de las mismas, puntos de acopio de algunos de estos residuos para involucrar a funcionarios y a la comunidad en el proceso de recolección y generación de conciencia ambiental sobre el tratamiento de los mismos. No obstante, hoy en día son muchas las personas, tanto personal de la institución como habitantes de barrios aledaños, quienes no disponen los desechos apropiadamente, a pesar de la existencia de los recipientes etiquetados claramente sobre el contenido de cada uno. En este sentido, es evidente la falta de conciencia y responsabilidad ambiental en los actores de la corporación y residentes de la ciudad.

Teniendo en cuenta lo anterior, se evidencia la importancia de profundizar en las temáticas relacionadas con los residuos posconsumo, desde la fabricación de los productos que los originan hasta las alternativas de disposición final existentes; así como cuál de ellas es la más apropiada en términos medioambientales. De esta manera se genera una conciencia ambiental colectiva que modifica el actuar de las comunidades de manera positiva, exhortándolos a apropiarse de las buenas prácticas de disposición de estos desechos.



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



6. BASES TEÓRICAS RELACIONADAS

El presente trabajo tiene como fundamento principal y objeto de estudio los residuos, los cuales de acuerdo con el Decreto 1713 de 2002 son

todos aquellos objetos, materiales, sustancias o elementos sólidos resultantes del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. (p. 5)

Ahora bien, dentro de las variadas clasificaciones de los residuos, se encuentran los posconsumo, cuya categoría se desprende de los residuos peligrosos. Los residuos posconsumo son desechos que, por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje y compactación, no pueden ser recolectados, manejados, tratados o dispuestos normalmente por la persona prestadora del servicio público de aseo (CVC, 2017). Uno de los residuos más comunes que hacen parte de esta categoría son las llantas, formadas generalmente por compuestos de caucho, los cuales tienen entre sus componentes negro de humo, azufre, cementos, pinturas, fibras de rayón y acero, caucho sintético natural, antioxidantes y antiozonantes, aceites y grasas (Carrión, 1999). De acuerdo con lo establecido en la Resolución 1326 de 2017, los puntos de recolección donde se realiza el acopio de este tipo de residuos, deben ser lugares adecuados y destinados para recibir las llantas usadas retornadas por los usuarios para su posterior gestión ambiental; sin embargo, en la práctica es común que los ciudadanos tiendan a abandonarlas en lugares a cielo abierto, sin medidas de seguridad o salubridad.

Las llantas usadas, al igual que todos los residuos, provienen de bienes fabricados mediante procesos productivos conformados por distintas etapas. El estudio de dichas etapas constituye un insumo importante para el análisis de los impactos que cada una tiene sobre el medio ambiente. Una de las metodologías para llevar a cabo este estudio es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), que constituye una recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales probables de un producto a través de su ciclo de vida (ISO 14040:2006). De acuerdo con Arena (2017),

el ACV tiene cuatro partes fundamentales que son: I. La definición de objetivos y alcance, donde se establecen la finalidad del estudio, los límites del sistema y del análisis; II. El inventario, una cuantificación de todos los flujos de materiales y de energía que alimentan el sistema productivo, y todos los flujos salientes (productos, subproductos, emisiones gaseosas, líquidas y sólidas). III. La evaluación de impactos, que transforma los resultados del inventario en impactos ambientales y IV. La interpretación, un análisis crítico del estudio que permite establecer las conclusiones y recomendaciones para reducir los impactos detectados. (p. 13)



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



Es de gran importancia para los pasos III y IV identificar correctamente los aspectos e impactos ambientales. Estos son los

elementos de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúan o pueden interactuar con el medio ambiente; y, cambios en el medio ambiente, ya sean adversos o beneficiosos, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización, respectivamente (ISO 14001:2015).

Posteriormente, y una vez se han identificado los aspectos e impactos ambientales, se procede a elaborar una matriz de impacto ambiental, metodología donde a través de un arreglo de filas y columnas se establece el vínculo entre las actividades de un proyecto, obra o actividad (POA), y las posibles consecuencias en el medio ambiente -ya sean positivas o negativas- a través de una escala de calificación que puede ser cuantitativa o cualitativa (Coria, 2008).

Los resultados obtenidos con las matrices o con las demás metodologías de evaluación ambiental son objeto de análisis profundo, ya que permitirán, entre otras cosas, la toma de decisiones para la prevención, mitigación, corrección o compensación de los impactos que un POA pueda tener sobre el medio ambiente. Estas decisiones son generalmente enfocadas a las modificaciones de puntos críticos, es decir, esas etapas del ciclo de vida en los cuales se generan más o mayores impactos negativos al medio ambiente.

Los cambios operacionales que se puedan llevar a cabo luego de este proceso están también enmarcados en el concepto de producción más limpia (PML). Según Monroy et al. (2008), la PML representa una metodología que fortalece la competitividad empresarial de los procesos productivos, al tiempo que disminuye los daños en términos de salud humana y medio ambiente; implementando técnicas de uso eficiente de recursos para obtener beneficios económicos, ambientales y sociales. Entre las herramientas de la PML se encuentran, entre otras, los ecobalances, matrices MED, ecodiseños, ecoetiquetas y el análisis de costos de ineficiencia.

Entre las medidas mencionadas también se encuentra la aplicación de la agroecología a los sistemas productivos que requieren de la agricultura para su desarrollo. Este tipo de ecología se enfoca en la transformación profunda de los sistemas agrícolas insostenibles, abordando los problemas desde una perspectiva integral y brindando soluciones holísticas a largo plazo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015). Además, se enfoca en los derechos y el bienestar de las poblaciones vulnerables. Esta alternativa cobra un papel importante a la hora de contrarrestar prácticas insostenibles como el establecimiento de monocultivos, siendo estos considerados plantaciones de una sola especie a lo largo de grandes áreas de tierra, aplicando prácticas estáticas y fijas de fertilización, riego, cultivo y recolección; generalmente realizado con el propósito de producir cantidades altas de un mismo producto a bajos costos (Universidad del Valle, 2015).

	<p>GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA</p>	
---	--	---

Todos los métodos y conceptos mencionados, hacen parte de las iniciativas para proteger los recursos naturales y promover el desarrollo sostenible a través de la implementación de la economía circular, la cual, de acuerdo con Hodson (2018), implica un crecimiento inteligente donde los desechos de un proceso dado son las materias primas de otro proceso; de tal manera que no se generen residuos que terminan por perjudicar al medio ambiente, y se mantenga el valor de los componentes del sistema durante el mayor tiempo posible.

	<p style="text-align: center;">GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA</p>	
---	--	---

7. DESARROLLO DE ACTIVIDADES: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

7.1 Alcance del ACV

El objetivo principal de este análisis de ciclo de vida es cualificar el grado de afectación al medio ambiente en cada etapa de producción de llantas o neumáticos. Además, se pretende contrastar los posibles escenarios de disposición final como incineración, valorización o recolección posconsumo.

Teniendo en cuenta que para este tipo de investigaciones la recolección de datos verídicos y actualizados es de vital importancia, en algunas de las etapas del ciclo de vida del producto seleccionado no se considerarán ciertos procesos o materiales por falta de información o porque esta es poco confiable; además, en caso de ser necesario, se especificarán otras reglas de corte para establecer claramente los límites del sistema en estudio.

7.2 Inventario del ciclo de vida (ICV)

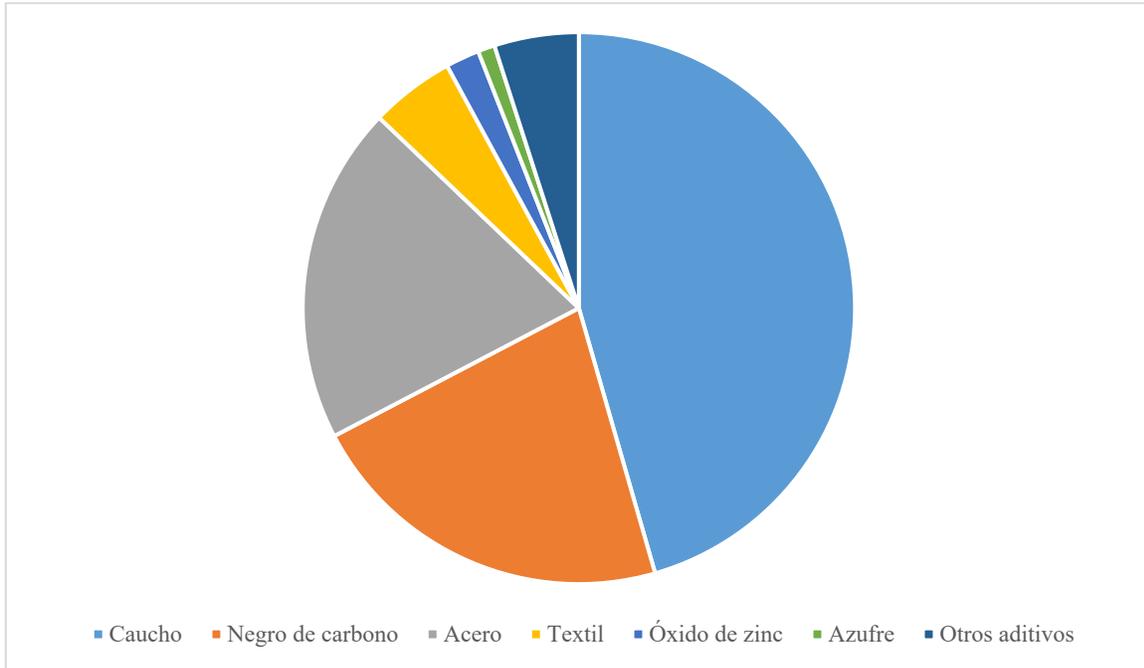
A continuación, se identifican las etapas a analizar del ciclo de vida de las llantas, y se presenta una descripción de las entradas y salidas de cada una, teniendo en cuenta principalmente el gasto de energía y agua, y las emisiones a la atmósfera; así como generación de residuos sólidos y líquidos.

A. Obtención de materias primas

De acuerdo con Leticia Baselga, responsable de residuos de la ONG Ecologistas en Acción, un neumático puede tener más de 200 componentes, dependiendo de su precio y tamaño, pero el porcentaje medio de los materiales que intervienen en su fabricación se evidencia en la figura 2.

Figura 2

Distribución de los componentes de un neumático

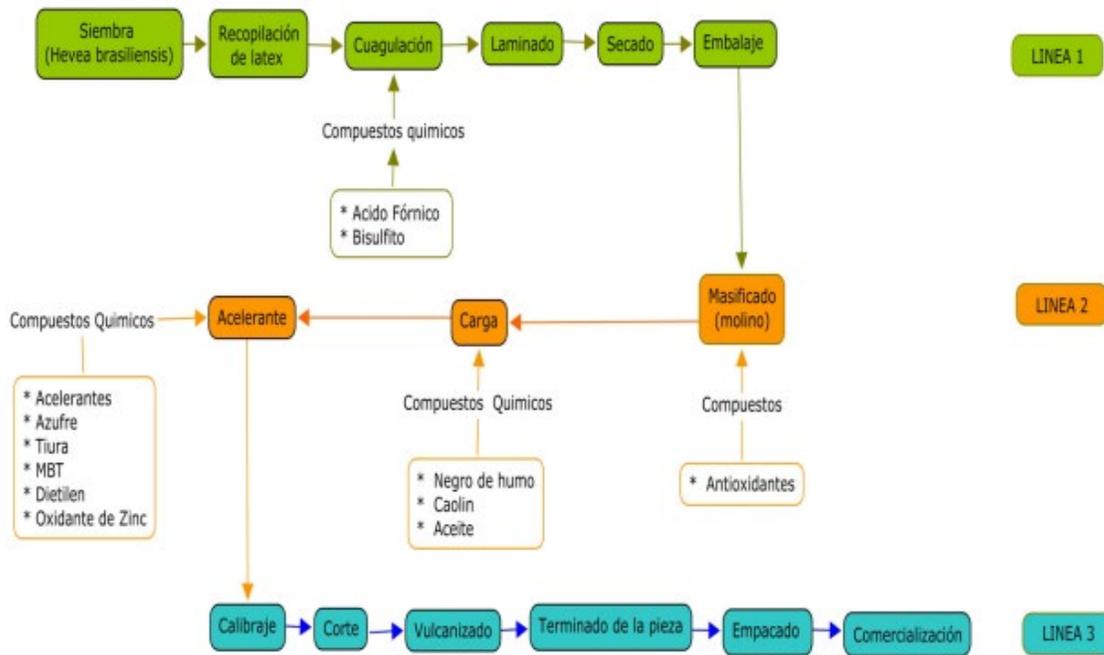


Nota: Adaptado de: Las imparables ruedas de la contaminación, por Portafolio, 2010, <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/imparables-ruedas-contaminacion-437016>

Para los fines de este estudio, el enfoque en esta primera etapa será en los dos materiales que representan en mayor proporción las materias primas para las llantas.

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible afirmar que la obtención del caucho es una de las actividades más importantes de la etapa número uno. Generalmente, este proceso se realiza a través del cultivo de árboles como *Hevea brasiliensis* o con la producción de caucho sintético. Como se evidencia en la figura 3, cuando el látex es obtenido naturalmente, la cadena comprende desde el cultivo de los árboles de caucho, pasando por la recolección, el filtrado, acidificación, coagulación, laminación, secado y empaque del látex (beneficio), hasta obtener el caucho natural (Leal, 2013). Algunos de los subproductos generados en este proceso son los residuos de caucho vulcanizado (Castaño Ciro, 2012) y las emisiones de gases a la atmósfera producto de la actividad de industrias procesadoras del caucho (Perng et al., 2011).

Figura 3
Línea de producción del caucho natural



Nota: Adaptado de Línea de producción del caucho natural, por Leal, 2013, <https://normas-apa.org/wp-content/uploads/Guia-Normas-APA-7ma-edicion.pdf>

Por otra parte, durante la obtención del negro de humo o negro de carbono también se agotan ciertos recursos y se producen residuos. Como se puede observar en la figura 4, este proceso genera, entre otras cosas, emisiones atmosféricas de óxidos de nitrógeno (NOx), de azufre (SOx) y material particulado (PM); y requiere de agua y energía en casi la totalidad de sus etapas.

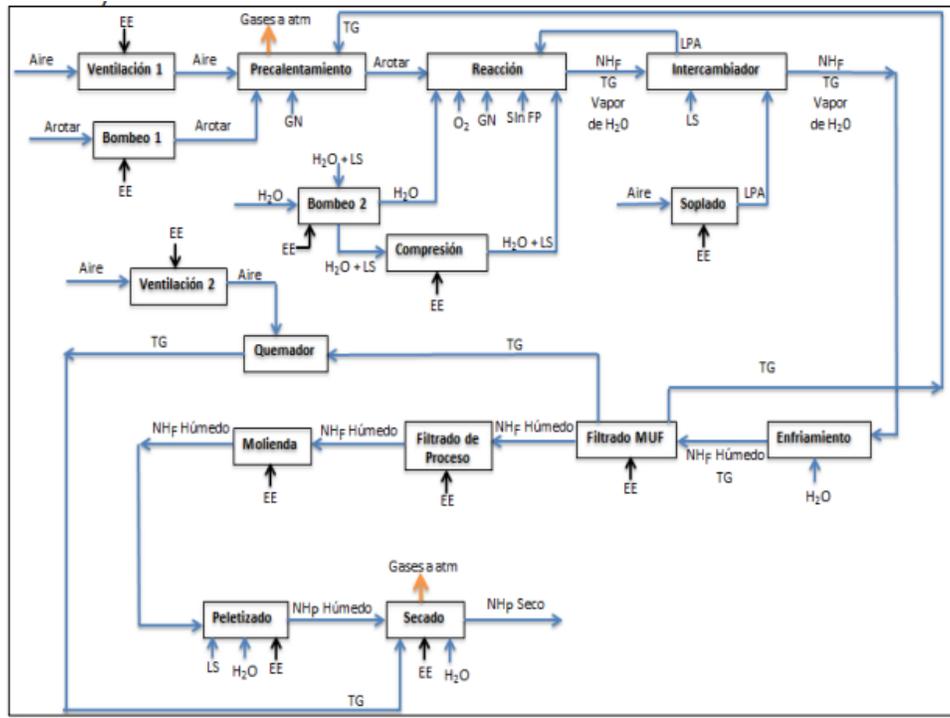


GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



Figura 4

Diagrama de bloques y nomenclatura del proceso de producción de Negro de Humo



ABREVIATURA	SIGNIFICADO
EE	Energía Eléctrica
TG	Tail Gas
GN	Gas Natural
LPA	Aire de Baja Presión
LS	Lignosulfonato de Calcio Sódico
SIn FP	Solución de Formiato de Potasio
NH _F	Negro de Humo (Fluffy)
NH _P	Negro de Humo (Pellets)

Adaptado de: Nomenclatura de diagrama de bloques del proceso de producción de negro de humo, por Batista y Reales, 2014,

[http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2624/1/Diagn%C3%B3stico%20cuantitativo%20del%20impacto%20ambiental Luis%20Batista USBCTG 2014.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2624/1/Diagn%C3%B3stico%20cuantitativo%20del%20impacto%20ambiental%20Luis%20Batista%20USBCTG%202014.pdf)



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



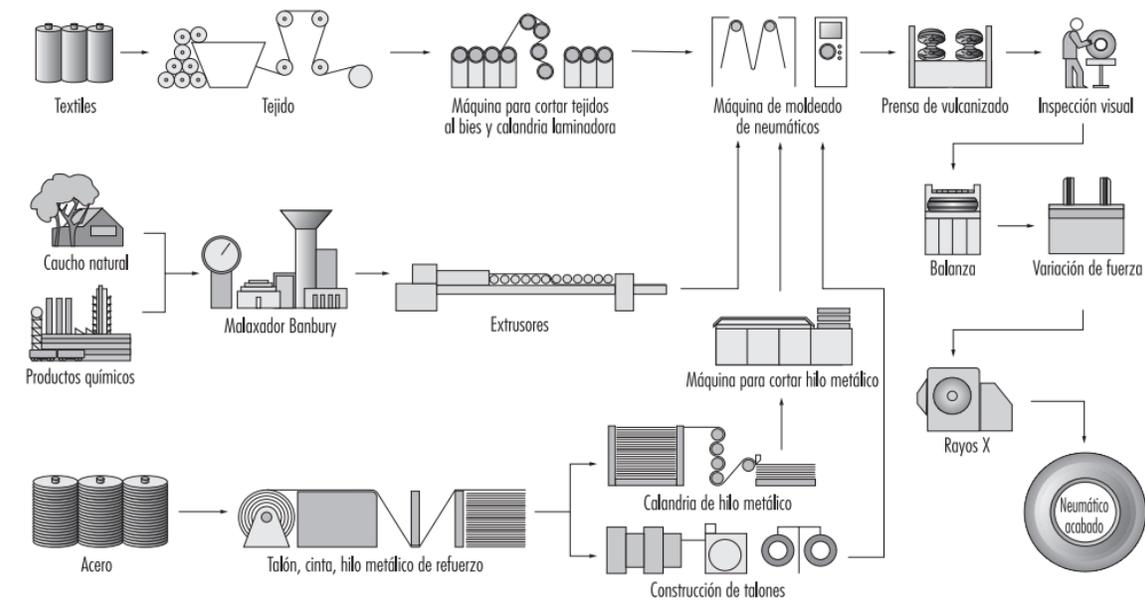
B. Fabricación y embalaje

De acuerdo con [Carrión](#) (1999), el proceso de fabricación de los neumáticos se lleva a cabo en los siguientes pasos generales: I. Preparación del proceso de Caucho, II. Preparación de las pestañas, III. Preparación del rodante, IV. Preparación de pliegos, V. Construcción de la Llanta, VI. Vulcanización y VII. Control de calidad.

Las materias primas constituyen las principales entradas al sistema durante esta etapa, además de la energía y el agua. Con respecto a las salidas del sistema, los disolventes utilizados en los últimos procesos de esta etapa, cómo el de vulcanización (ver figura 5), pueden generar emisiones atmosféricas en forma de humo, vapor o ambos; con compuestos orgánicos volátiles (COVs) ([Rhodarmer](#), s.f.). Por otro lado, durante el embalaje del producto ingresan al sistema cajas, plásticos y estibas; y salen empaques defectuosos y residuos de rodamiento ([Peña Urrego](#), 2019).

Figura 5

Proceso de fabricación de neumáticos



Nota: Adaptado de: Proceso de fabricación de neumáticos, por Frederick, s.f.,

<https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+80.+Industria+del+caucho>

	<p style="text-align: center;">GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA</p>	
---	--	---

C. Uso

Los neumáticos tienen cuatro funciones principales en un vehículo, estas son soportar el peso, mantener y cambiar la dirección, transmitir la fuerza de aceleración y frenado al asfalto; y absorber el impacto de la superficie de la carretera (Hernández, 2018). Al llevar a cabo estas funciones mientras están en contacto con la superficie asfáltica, las llantas sufren un desgaste que libera partículas cuya cantidad y tamaño depende de factores como el clima, la composición del neumático, las condiciones de la carretera y la velocidad de conducción ([Piscitello et al., 2021](#)).

En este sentido, conforme el caucho se desgasta, se desprenden partículas provenientes de los materiales de la llanta, tanto en forma de gases como en estado sólido. Las primeras son denominadas “Non-exhaust emissions” (NEE) o emisiones que no provienen de escape del vehículo, en forma de material particulado que incluye PM₁₀ y PM_{2.5} ([Emissions Analytics, 2020](#)). Las segundas incluyen pequeños polímeros plásticos ([Root, 2019](#)). Por otra parte, en esta etapa del ciclo de vida también se emiten COVs y se generan residuos del caucho gastado en la carretera ([Peña Urrego, 2019](#)). Según [Adachi y Tainosho \(2004\)](#) estas emisiones también pueden ser ricas en partículas de metales pesados como Titanio, Zinc, Hierro y Cobre.

D. Disposición final

Actualmente en Colombia está prohibido abandonar las llantas usadas en el espacio público, así como enterrarlas, almacenarlas a cielo abierto o utilizarlas en procesos de combustión ([Semana, 2021](#)). Sin embargo, a lo largo de los años se han establecido variadas formas de terminar el ciclo de vida de los neumáticos, siendo la incineración uno de los métodos más comunes.

Según Rhodarmer (s.f.), durante la quema, se liberan al aire numerosas sustancias como cloro, cenizas y posibles metales pesados, además, los subproductos de la actividad deben ser depurados, y cuando este proceso se realiza en húmedo se generan aguas residuales que pueden contener zinc. Cabe resaltar que el funcionamiento de los incineradores diseñados para quemar desechos y productos de caucho acarrea una entrada de energía considerable al sistema. Por otro lado, otra de las acciones más comunes en esta última etapa es el almacenamiento, que muchas veces es inadecuado. Generalmente, aquí no se utiliza agua ni



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



energía, pero se pueden generar subproductos como agua estancada y vectores que incluyen mosquitos y roedores.

Teniendo en cuenta una perspectiva más amigable con el medio ambiente, se han adaptado otras alternativas de disposición final de las llantas usadas que reducen las emisiones y residuos generados por el final del ciclo de vida de los neumáticos; además de enfocarse en la reutilización o revalorización del residuo. Entre estas opciones se encuentra el reencauche, que permite extender considerablemente la vida útil de la llanta. Según la Cámara de comercio de Bogotá (2006), este consiste básicamente en renovar la banda de rodamiento de las llantas gastadas y con la carcasa en buen estado (ver figura 6); en un procedimiento cuyo residuo principal es el ripio. De acuerdo con este mismo autor, entre otros métodos de procesamiento de las llantas usadas está la trituración, enfocada en reducir el tamaño de las llantas a través de diferentes técnicas con el fin de separar el caucho de elementos como el acero y los textiles. Cuando el proceso se realiza de forma criogénica, se libera nitrógeno gaseoso en la atmósfera, además de que se requiere energía para mantener la maquinaria altamente especializada.

Figura 6

Materias primas del proceso de reencauche



Nota: Adaptado de Guía para el manejo de llantas usadas, por Cámara de Comercio de Bogotá, 2006, <https://ambientebogota.gov.co/documents/10184/506375/Gu%C3%ADa+para+el+manejo+de+llantas+usadas.pdf/f875a669-7451-47b1-892d-caf6f8294eb4>



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



A continuación, se presenta la tabla 1 en la cual se sintetiza la información de esta sección.

Tabla 1

Entradas y salidas por etapa del ciclo de vida de las llantas

Etapa	Entradas	Salidas
Obtención de materias primas	Recursos forestales, agua, energía.	Caucho vulcanizado, emisiones atmosféricas de NO _x , SO _x y PM.
Fabricación y embalaje	Caucho, negro de carbono, agua, energía Cajas, plásticos y estibas.	emisiones atmosféricas en forma de humo, vapor o ambos; con COVs. Empaques defectuosos, residuos de rodamiento.
Uso	Neumáticos nuevos.	Emisiones de PM ₁₀ y PM _{2.5} , metales pesados como Titanio, Zinc, Hierro y Cobre; y COVs. Pequeños polímeros plásticos
Disposición final	Incineración	Agua y energía. Emisiones con cloro, cenizas y posibles metales pesados. Aguas residuales con zinc.
	Almacenamiento	Llantas usadas. Agua estancada, vectores.
	Reencauche	Llantas usadas, cemento, parches, cojines, banda de rodamiento, etiquetas e hilo de algodón. Llantas revalorizadas, ripio.
	Trituración	Energía. Emisiones de nitrógeno gaseoso.

	<p style="text-align: center;">GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA</p>	
---	--	---

7.3 Evaluación de impactos del ciclo de vida (EICV)

Para el análisis de esta sección se realizó una matriz de evaluación de impactos ambientales con el método Arboleda. Este método se desarrolla en 3 fases generales:

- 1) Desagregación del proyecto en componentes: En este caso los componentes son las fases del ciclo de vida de las llantas, es decir, obtención de materias primas, fabricación y embalaje, distribución, uso y disposición final.
- 2) Identificación de impactos: Este paso permite analizar el vínculo Proyecto - ambiente, y tiene tres elementos básicos que son la actividad, el aspecto y el impacto.
- 3) Evaluación de impactos: Se realiza de manera individual para cada impacto por medio de la expresión para la Calificación Ambiental:

$$CA = C(P[7.0EM + 3.0D])$$

Donde:

CA = Calificación ambiental

C = Clase

P = Presencia

E = Evolución

M = Magnitud

D = Duración

De acuerdo con Arboleda (2008), la clase define el sentido de la alteración ambiental, es decir, si es positiva o negativa; la presencia representa la probabilidad de ocurrencia del impacto; la evolución significa la velocidad con que se presentan los impactos desde el momento en que se da la afectación; la magnitud indica el tamaño de la modificación ambiental y la duración señala el periodo de existencia activa del impacto.

A continuación, en la figura 7 se presenta el resumen de rangos de calificación para cada uno de los parámetros ambientales que influyen en la determinación de la CA.

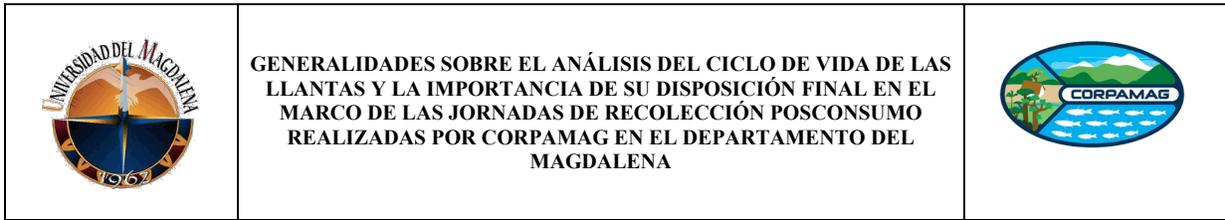


Figura 7

Rangos de calificación de parámetros ambientales

Ca = Calificación ambiental
C = Clase,
P = Presencia
Ca = C (P[7.0xEM+3.0xD])
E = Evolución
M = Magnitud
D = Duración

PRESENCIA (P)		VALOR
CIERTA	Probabilidad de ocurrencia es del 100%	1.0
MUY PROBABLE	Probabilidad de ocurrencia entre 70 y 100%	Entre 0,7 y 0,99
PROBABLE	Probabilidad de ocurrencia entre 40 y 70%	Entre 0,4 y 0,69
POCO PROBABLE	Probabilidad de ocurrencia entre 20 y 40%	Entre 0,2 y 0,39
MUY POCO PROBABLE	Probabilidad de ocurrencia menor del 20%	Entre 0,01 y 0,19

MAGNITUD (M)		VALOR
MUY ALTA	Afectación del factor mayor al 80%	1.0
ALTA	Afectación del factor entre 60 y 80%	Entre 0,7 y 0,99
MEDIA	Afectación del factor entre el 40 y 60%	Entre 0,4 y 0,69
BAJA	Afectación del factor entre el 20 y 40%	Entre 0,2 y 0,39
MUY BAJA	Afectación mínima menor al 20%	Entre 0,01 y 0,19

EVOLUCIÓN (E)		VALOR
MUY RAPIDA	Consecuencias evidentes antes de 1 mes	1.0
RAPIDA	Consecuencias evidentes Entre 1 y 12 meses	Entre 0,7 y 0,99
MEDIA	Consecuencias evidentes entre 12 y 18 meses	Entre 0,4 y 0,69
LENTA	Consecuencias evidentes entre 18 y 24 meses	Entre 0,2 y 0,39
MUY LENTA	Consecuencias evidentes Menores a 24 meses	Entre 0,01 y 0,19

DURACION (D)		VALOR
MUY LARGO O PERMANENTE	Duración mayor a 10 años	1.0
LARGA	Duración entre 7 y 10 años	Entre 0,7 y 0,99
MEDIA	Duración entre 4 y 7 años	Entre 0,4 y 0,69
CORTA	Duración entre 1 y 4 años	Entre 0,2 y 0,39
MUY CORTA	Duración menor a 1 año	Entre 0,01 y 0,19

CALIFICACION AMBIENTAL (Ca) PUNTOS	IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL
≤ 2,5	Poco significativo o irrelevante
≥ 2,5 y ≤ 5,0	Moderadamente significativo o moderado
>5,0 y ≤ 7,5	Significativo o relevante
>7,5	Muy significativo o grave

Nota: Adaptado de Manual para la Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades, por Jorge Arboleda, 2008, https://www.academia.edu/34461272/Manual_EIA_Jorge_Arboleda_1

Las matrices de evaluación de actividades, aspectos e impactos se presentan en el anexo 1.

7.4 Interpretación de resultados

7.4.1 Relación entre ICV y EICV

A continuación, se presenta un análisis de la relación entre el inventario y la evaluación de impactos del ciclo de vida de las llantas, con base en la información de la sección anterior. Inicialmente se presentan los resultados para cada una de las etapas estudiadas. Como regla de corte en esta sección, para la mayoría de las etapas solo se tendrán en cuenta los impactos moderados con calificación mayor a 4; los impactos relevantes y los graves. Sin embargo, en algunas ocasiones se analizarán brevemente algunos efectos que se salen de este rango. Por

otro lado, no se profundizará en ciertos impactos debido a la poca disponibilidad de información veraz al respecto.

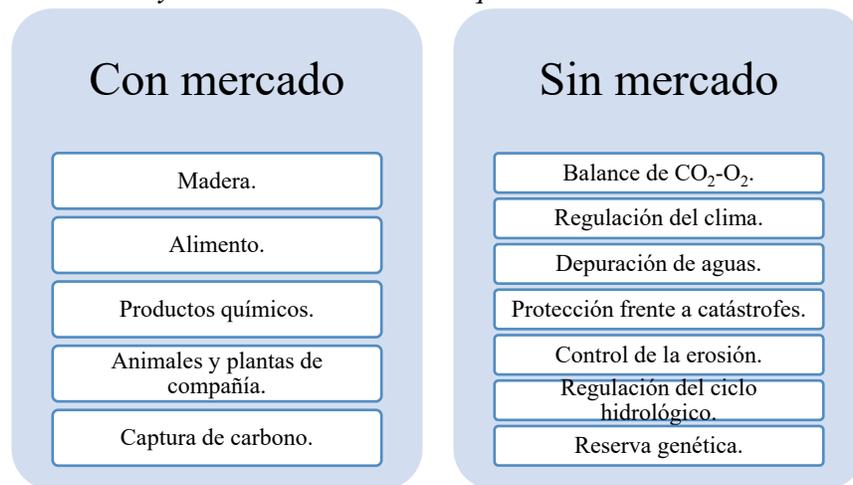
A. Obtención de materia prima

Es una de las etapas que más actividades involucra y más impactos genera, especialmente durante la fase de cultivo de árboles de caucho. A pesar de que en esta fase se genera empleo, lo cual podría conllevar a la mejora de las condiciones de vida de la población humana, este impacto está calificado como moderado, en comparación con algunos impactos negativos como “Pérdida de biodiversidad” que manejan calificaciones de relevante.

Si bien es cierto que un gran porcentaje del caucho que se produce en el mundo se hace de manera sintética; cuando se opta por la siembra, grandes hectáreas de bosques son derribadas para sembrar los árboles que proveen este material; sin embargo, cabe destacar que ambos procesos son perjudiciales para el medio ambiente; ya que tanto la deforestación como el uso de combustibles fósiles son grandes contribuyentes del cambio climático ([Dicamillo, 2017](#)). Existe un sinnúmero de beneficios o servicios ecosistémicos -además de comerciales- prestados por los bosques gracias a su biodiversidad; los cuales se deterioran al reemplazarlos por monocultivos o plantaciones. Algunos de ellos son mencionados en la figura 8.

Figura 8

Servicios ecosistémicos y comerciales de los bosques



Nota: Adaptado de Beneficios proporcionados por los bosques, por Cordero, 2011, http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2011000200018



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



En este mismo sentido se observa que el retiro de la cobertura vegetal natural en la etapa del cultivo de caucho acarrea impactos ambientales importantes, los cuales, según Álvarez y Agredo (2013) incluyen:

1. Disminución de la producción de oxígeno en el suelo.
2. Pérdida de biodiversidad.
3. Alteraciones en el ciclo hidrológico.
4. Aumento de la erosión por viento y agua.
5. Reducción de la fertilidad del suelo.
6. Aumento del riesgo de deslizamiento.

Por otra parte, los óxidos de azufre y nitrógeno emitidos durante la producción de caucho y negro de humo constituyen algunos de los contaminantes atmosféricos más importantes en términos de afectaciones a la salud pública y al medio ambiente. Aunque los perjuicios al sistema respiratorio humano dependen del tiempo de exposición, concentración, edad de la persona, etc., estudios epidemiológicos han relacionado la inmisión de estos gases con bronquitis, asma, menos aumento de la función pulmonar, entre otros (Organización Mundial de la Salud, 2006). Ahora bien, de acuerdo con [Parreño y Peñafiel](#) (2006), la presencia de estos gases en la atmósfera les permite reaccionar con la luz solar, la radiación y otros contaminantes, que intervienen para la generación de condiciones ambientales perjudiciales en el aire, agua y suelo; como las mencionadas en la tabla 2.

Tabla 2

Efectos de los SO_x y NO_x en el medio ambiente

Condición	Descripción	Efectos
Lluvia ácida	Perjudica cuerpos de agua y suelos sensibles que no tienen capacidad de neutralizar compuestos ácidos.	Disminución de la biodiversidad Aumento de elementos tóxicos para los seres vivos
Ozono troposférico	A pesar de que en la estratósfera actúa como filtro protector contra la radiación, a nivel troposférico afecta principalmente a las plantas.	Deterioro visible en las hojas y reducción en el crecimiento, floración y cosechas Contribución al efecto invernadero
Eutrofización	Aumento de la concentración de nutrientes en el agua como	Disminución de la disponibilidad de luz solar y oxígeno en el agua

	<p style="text-align: center;">GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA</p>	
---	--	---

consecuencia del arrastre de Inminente descenso en las
compuestos nitrogenados poblaciones de seres vivos
provenientes de zonas más altas. acuáticos

B. Fabricación y embalaje

Las emisiones atmosféricas generadas en esta etapa, en forma de humo y vapor con COVs tienen la característica de ser fotoquímicamente reactivas, es decir que, como se mencionó anteriormente, al ser emitidas a la atmósfera reaccionan con otros elementos contenidos en ella; produciendo condiciones como las mencionadas en la tabla 2.

Por otro lado, la generación de residuos sólidos que pueden potencialmente aumentar la contaminación ambiental desde distintos frentes; es un problema común de las industrias productivas en la sociedad actual. En términos de salud pública, por ejemplo, se pueden generar escenarios de transmisión de enfermedades como consecuencia de la proliferación de vectores que se reproducen en los residuos; además del aumento del riesgo de infecciones por residuos cortopunzantes y las afectaciones respiratorias producto de la quema a cielo abierto de estos desechos ([Contreras, 2008](#)). Por otro lado, son de amplio conocimiento los innumerables impactos ambientales negativos por cuenta de los residuos sólidos en el agua, aire y suelo; así como en los ecosistemas en general.

Sin embargo, cabe resaltar que los residuos sólidos que se producen en cada uno de los sectores productivos representan puntos de oportunidad si se gestionan de la manera adecuada, ya que de esta manera se pueden reducir costos operativos e impactos negativos al ambiente ([Peña, 2013](#)).

C. Uso

El contacto de un neumático con el asfalto de la carretera genera emisiones atmosféricas y de residuos sólidos que ocasionan impactos ambientales negativos de carácter moderadamente significativo. De acuerdo con la matriz de evaluación ambiental, estos impactos son calificados como “Relevantes”, y cabe resaltar que estos aspectos del uso de las llantas son igual o más importantes que las emisiones generadas en el escape de los vehículos.

De acuerdo con Piscitello et al. (2021), las NEE representan alrededor del 90% de las emisiones de PM producto del tráfico; las cuales acarrearán la disminución de la calidad del



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

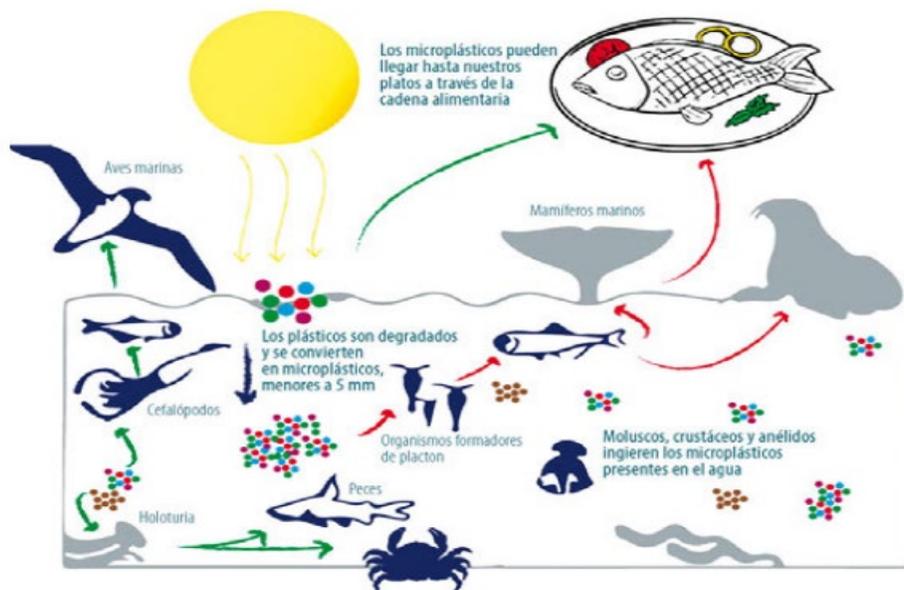


aire y contaminación de fuentes de agua. Tal como lo afirma [Jan Kole](#) y sus colaboradores (2017), la contribución de plásticos en el océano por cuenta de los neumáticos es del 10% del total; además, las emisiones de las llantas son significativamente mayores que aquellas provenientes de otras fuentes de microplásticos. Sin embargo, no se suele tener conocimiento de esta información.

La presencia de estos microplásticos en el mar aumenta la concentración de compuestos orgánicos persistentes (COP) hidrofóbicos que, de otra manera, se encuentran en el ambiente en niveles bajos ([Andrady, 2011](#)). De acuerdo con este mismo autor, los COP son frecuentemente ingeridos por especies marinas como el plancton -que representa la base de la cadena trófica-; lo que significa que muy probablemente se bioacumularán a medida que se avanza en la red alimentaria y terminarán por afectar incluso a los seres humanos (ver figura 9). La ingesta de estos elementos por parte de los seres vivos puede llevarlos a sufrir complicaciones digestivas y reproductivas como obstrucción de los apéndices que utilizan para obtener su comida o del tracto intestinal; restringiendo la ingesta de comida y la cantidad de energía disponible ([Rojo y Montoto, 2017](#)).

Figura 9

Ruta de los microplásticos en la cadena trófica



Nota: Adaptado de Las rutas de los microplásticos en la cadena trófica, por Rojo y Montoto, 2017,

<https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/56275/2/informe-basuras-marinas.pdf>

	<p style="text-align: center;">GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA</p>	
---	--	---

D. Disposición final:

En el escenario de la incineración de llantas usadas, cabe resaltar que se presenta un impacto positivo al producir energía derivada de la quema de neumáticos, la cual puede utilizarse para reducir el consumo de combustibles fósiles y energía. Sin embargo; ya conociendo los impactos de la emisión de componentes tóxicos al aire; esta actividad debe ser llevada a cabo en instalaciones apropiadas, de manera que sea segura para el ambiente y la salud humana. En este sentido -y de acuerdo con las calificaciones asignadas al parámetro “Presencia” en la matriz de evaluación de impactos- es más probable que se dé la disminución de la calidad del aire por la quema de llantas; que el aprovechamiento de la energía generada. Con respecto al almacenamiento de los neumáticos usados, la generación de vectores y sus consecuencias en la salud pública y del ambiente han sido mencionados en secciones anteriores. Estas dos alternativas de disposición final tienen por tanto una calificación ambiental negativa.

Por otro lado, durante la trituración de los neumáticos usados, existe cierto equilibrio en el número de impactos positivos y negativos. A pesar de que se generan emisiones atmosféricas contaminantes, especialmente en la trituración criogénica; estas pueden ser prevenidas y/o mitigadas por métodos de control y vigilancia de la calidad del aire. Así, la disminución de la extracción de materias primas como impacto positivo en ambas fases de la trituración obtiene una calificación ambiental mayor.

Finalmente, como la alternativa mejor calificada se encuentra el reencauche, donde son más los impactos positivos que los negativos, además de que reciben calificaciones ambientales más altas. La reutilización de las llantas usadas permite reducir la extracción de materias primas estudiada a profundidad en la etapa 1; y los impactos allí mencionados. En este escenario es importante resaltar que, si bien es cierto que se generan residuos como el ripio, susceptibles de contaminar el medio ambiente; en este caso, el desecho puede ser recolectado y posteriormente vendido a empresas procesadoras de este material (Cámara de comercio de Bogotá, 2006); y dado que esto representa un beneficio económico para las empresas, su presencia es casi segura.

Calificaciones ambientales definitivas para el ciclo de vida de las llantas

En la figura 10 se presenta la calificación ambiental definitiva de cada etapa del ciclo de vida de las llantas. Asimismo, en la figura 11 se evidencia la calificación ambiental para cada una de las alternativas de disposición final analizadas.

Figura 10

Calificación ambiental definitiva para las tres primeras etapas del ciclo de vida de las llantas

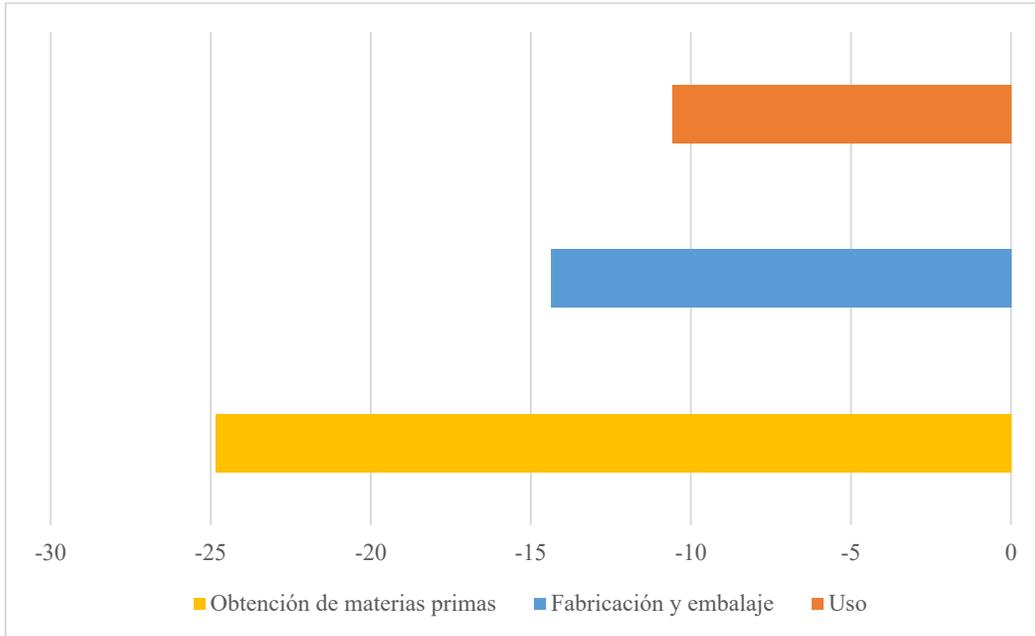
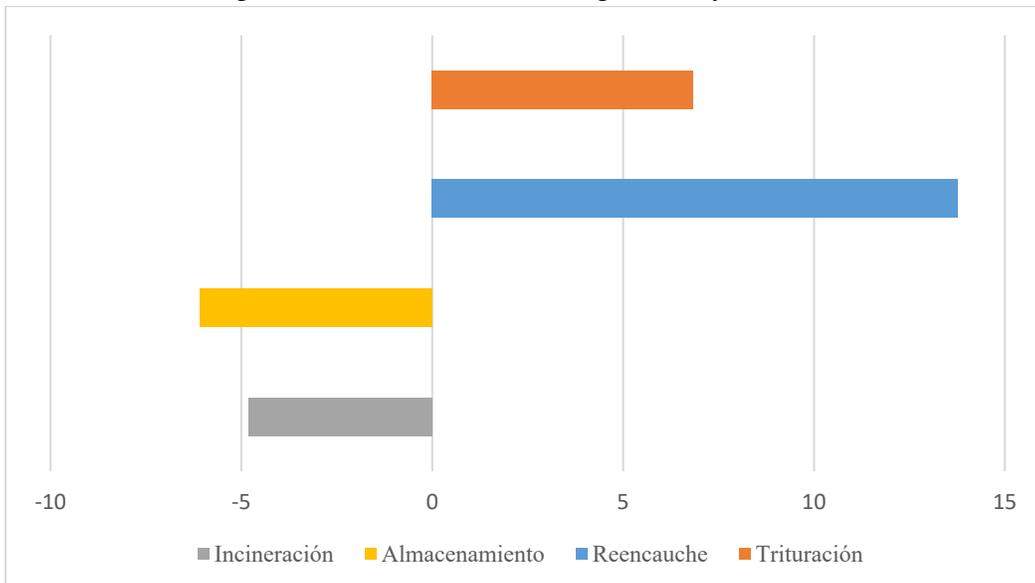


Figura 11

Calificación ambiental para cada alternativa de disposición final de las llantas



	<p style="text-align: center;">GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA</p>	
---	--	---

7.4.2 Identificación de puntos críticos y oportunidades de mejora

Ahora bien, con la información detallada anteriormente, es posible identificar los puntos críticos del ciclo de vida de las llantas, y así establecer propuestas de mejora y oportunidades de reducción de impactos.

El establecimiento de monocultivos es, sin lugar a dudas, el punto crítico de la etapa de obtención de materias primas del ciclo de vida de las llantas. Con respecto a este aspecto existen diversas alternativas de solución enfocadas a la agroecología. Una de ellas es el manejo de la biodiversidad vegetal -el cual conlleva a un aumento de la biota en general- mediante estrategias como la rotación de cultivos, el uso de policultivos, el uso de abonos verdes o cultivos de cobertura, a través de sistemas agroforestales, bordes, cercas y manejo de la vegetación espontánea (Sarandón y Flores, 2014). De acuerdo con la misma fuente, la diversificación acarrea las siguientes ventajas:

- Aumento de la diversidad de la biota asociada.
- Mejor regulación y control de plagas y malezas.
- Mejoría en el ciclo de nutrientes y energía.
- Incremento de la productividad total.

Con base en lo determinado por estos autores, a continuación, se describen las principales metodologías de agroecología aplicables al caso de estudio (ver tabla 3).

Tabla 3
Principales estrategias de agroecología

Estrategia	Descripción	Ventajas
Rotación de cultivos	Cambio regular del cultivo de distintas especies vegetales, de manera secuencial en un periodo de tiempo determinado.	Combina cultivos con diferentes estrategias y etapas de uso de recursos. Diversifican la producción, otorgando mayor resistencia a adversidades ambientales y financieras.
	Dos o más cultivos se	Aumento de la diversidad

	<p>GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA</p>	
---	--	---

Policultivos	desarrollan juntos en la misma extensión de tierra durante parte o todo su ciclo.	específica, vertical, estructural y funcional de los agroecosistemas.
Cultivos de cobertura	Coberturas vivas que crecen al mismo tiempo que el cultivo comercial durante parte o todo su ciclo.	Control de malezas. Conservación de agua y suelo. Alimentación humana.

Históricamente, los empaques de los productos han cumplido funciones de protección, transporte, comunicación y seguridad; sin tener en cuenta aspectos ambientales y las posibilidades de reciclaje de los materiales ([Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible \[MinAmbiente\], 2021](#)). En este sentido, la promoción de los ecodiseños se posiciona como una alternativa importante para la etapa de fabricación y embalaje -y su punto crítico siendo la generación de residuos sólidos-. De manera general, se recomienda fabricar empaques de un solo material, optimizando su espesor y peso. Además, autoridades en Colombia, como el MinAmbiente, incentivan la producción de empaques con materiales que puedan ser usados más de una vez, sin disminuir los estándares de calidad, así como la implementación de materiales compostables. Cabe resaltar que una de las propuestas que cobra alto valor en este campo es la promoción de la investigación para lograr disminuir los niveles de desperdicio de materiales en los procesos productivos; con beneficios para el medio ambiente en términos de desarrollo sostenible.

Por otra parte, la generación de emisiones atmosféricas -principalmente las NEE- que comprenden el punto crítico de la etapa “Uso”; pueden ser evitadas mediante distintas medidas. Estas se clasifican en medidas tecnológicas y no tecnológicas; y de prevención o de mitigación (ver figura 12).

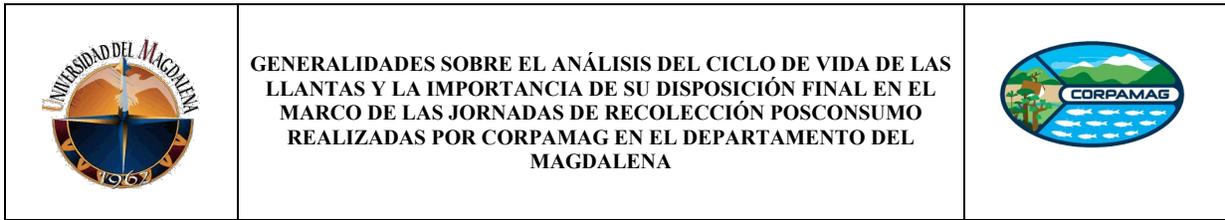
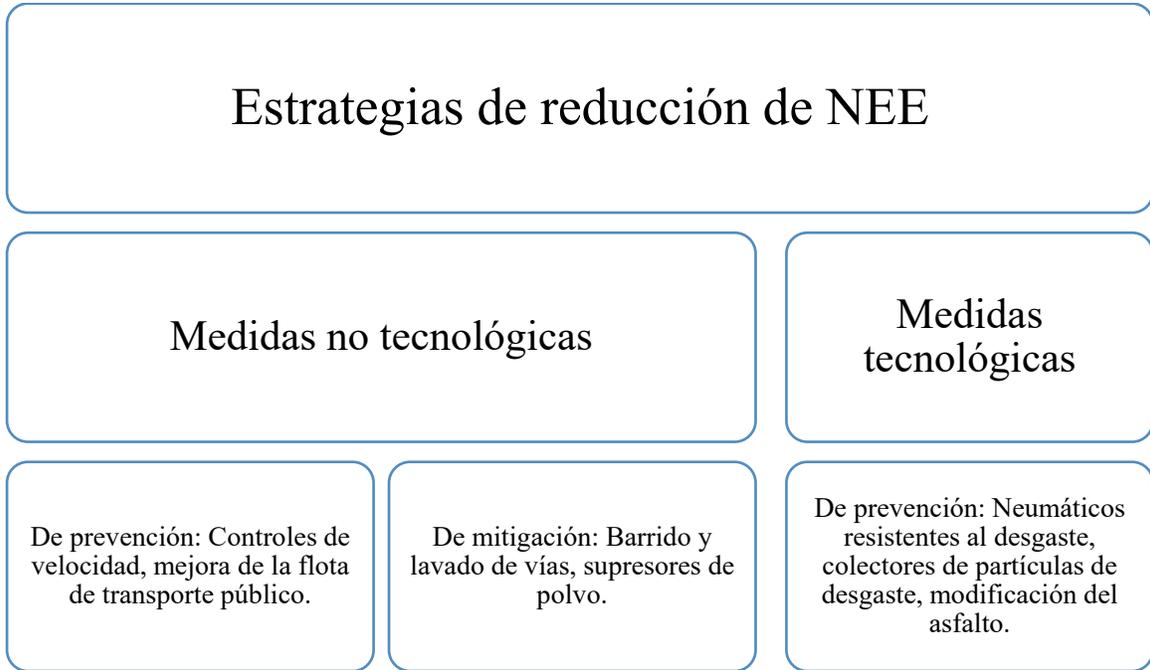


Figura 12

Clasificación de estrategias para la reducción de NEE



Nota: Adaptado de Classification of strategies to abate PM pollution from non-exhaust emissions, por Piscitello et al, en 2021, <https://doi-org.biblioteca.unimagdalena.edu.co/10.1016/j.scitotenv.2020.144440>

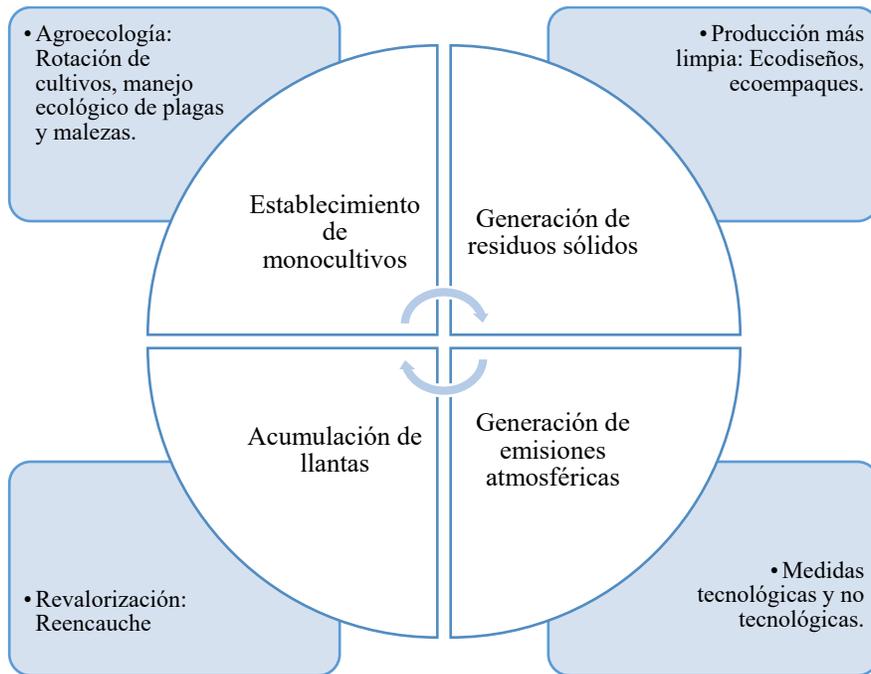
De acuerdo con Piscitello et al (2021), entre las medidas de prevención no tecnológicas se encuentran técnicas enfocadas a la disminución del volumen de tráfico (impuestos, políticas de control de tráfico, etc.) y la renovación de las flotas de transporte público. Además, como estrategias de mitigación estos autores también mencionan el lavado con agua, combinado con el barrido de las calles para remover los residuos de la superficie de las vías -de acuerdo con estudios, este método también mejora la calidad del agua de escorrentía-. Por último, dentro de las medidas tecnológicas se propone mejorar la composición de los componentes de los frenos para reducir las partículas emitidas por los mismos. Así mismo, se contempla la adición de sustancias que otorgan al neumático resistencia al desgaste.

Finalmente, teniendo en cuenta que el almacenamiento de las llantas usadas es la práctica con calificación ambiental más negativa, se determina que este es el punto crítico y que las alternativas de mejora efectivas serán reencauche o trituración.

La síntesis de esta sección se presenta en la figura 13.

Figura 13

Punto crítico por etapa y oportunidad de mejora



	<p style="text-align: center;">GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA</p>	
---	--	---

8. GESTIÓN DE LAS LLANTAS USADAS COMO RESIDUOS POSCONSUMO

Otra de las alternativas de disposición final importantes para las llantas usadas es el manejo como residuos posconsumo realizado en el marco de iniciativas como las jornadas de recolección llevadas a cabo por CORPAMAG en asociación con gestores autorizados.

Durante esta actividad se realiza el acopio de los neumáticos usados por parte de la empresa prestadora del servicio de gestión ambiental del residuo -ECOGESTIONES-; la cual busca brindar beneficios ambientales a través de la recolección y disposición final, enmarcado en un enfoque de economía circular. En este esquema, se convierte el caucho proveniente de las llantas usadas en pisos con altas prestaciones y durabilidad. Este proceso se realiza a través de las siguientes etapas:

- **Acopio:** Almacenamiento transitorio bajo todas las medidas de seguridad industrial y disminución de riesgos ambientales.
- **Transporte:** Se lleva a cabo en vehículos cubiertos, cumpliendo frecuencias de recolección.
- **Disposición final:** Se realiza en plantas tecnificadas, donde se separan los componentes de las llantas en un proceso que debe garantizar el “Ciclo Cerrado”.
- **Socialización:** Dar a conocer la normatividad y dinámica del sistema. El objetivo es generar conocimiento y conciencia con el cuidado del medio ambiente.

Durante estas actividades, la revalorización de los residuos se da principalmente a través de la fabricación de productos con granulo de caucho reciclado, como los que se presentan en la figura 14.



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



Figura 14

Productos fabricados con caucho reciclado





GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



9. CRONOGRAMA

A continuación, se presenta el cronograma donde se relacionan las actividades que hicieron parte del desarrollo del proyecto (ver figura 15).

Figura 15
Cronograma de actividades

Fases	Actividad	Octubre	Noviembre				Diciembre			
		4	1	2	3	4	1	2	3	4
Definición alcance del ACV	Revisión bibliográfica									
	Selección del producto de estudio									
Inventario del ciclo de vida (ICV)	Identificación de etapas del ciclo de vida del producto									
	Identificación de entradas y salidas por etapa									
Evaluación de impactos del ciclo de vida (EIACV)	Identificación de aspectos ambientales									
	Identificación de impactos ambientales									
	Elaboración de matrices de evaluación de impacto ambiental									
Relación ICV y EICV	Identificación de puntos críticos									
	Interpretación de resultados									
Gestión posconsumo	Revisión bibliográfica									
	Revisión de antecedentes en CORPAMAG									
	Interpretación de resultados									



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



10. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

El ciclo de vida de las llantas está constituido por un grupo de diversos procesos que, tanto de manera individual como conjunta, originan impactos ambientales positivos y negativos de distinta índole. Teniendo en cuenta los resultados de esta investigación, la etapa de “Obtención de materias primas” es la fase en la que más impactos negativos se generan en el ambiente, especialmente en términos de pérdida de biodiversidad y emisiones atmosféricas. Asimismo, cabe resaltar otros puntos críticos de este ciclo de vida, como lo son la generación de residuos sólidos en la fabricación y embalaje del producto, y la generación de vectores producidos durante el almacenamiento como alternativa de disposición final del mismo.

Es importante mencionar que, a pesar de que la etapa “Uso” no constituye una fase crítica del ciclo de vida para el caso de los neumáticos, es de vital importancia promover las investigaciones orientadas al estudio de las “Non-exhaust emissions” (NEE) o emisiones que no provienen de escape del vehículo; ya que se ha comprobado que constituyen un porcentaje importante de las emisiones generadas por los medios de transporte; y a pesar de esto, aún hay mucho camino por recorrer en términos de caracterización, metodologías de análisis y estándares de estudio en este campo.

El apoyo de CORPAMAG para el desarrollo de esta investigación facilitó la comunicación entre estudiante y gestor del residuo, para recolectar los datos que servirían de insumo en el análisis de la disposición final de los neumáticos usados; logrando así, establecer un registro histórico con información base para profundizar en la importancia y beneficios ambientales de la gestión posconsumo.

Teniendo en cuenta la significancia de abordar temas como este, se exhorta a estudiantes y docentes a continuar con procesos de investigación y desarrollo relacionados al ciclo de vida de las llantas, o estudios enfocados a la aplicación de otras herramientas de producción más limpia en la producción de estos bienes -como el análisis de costos de ineficiencia, ecomapas, ecobalances, entre otros-; así como del ciclo de vida de otros residuos posconsumo como los envases de agroquímicos, medicamentos veterinarios vencidos, luminarias, pilas y baterías, entre otros.

Finalmente, se alienta a la promoción del estudio de otras alternativas de disposición final de las llantas diferentes a las aquí presentadas y al establecimiento de indicadores ambientales que permitan visualizar los impactos positivos de actividades como la gestión posconsumo de este tipo de residuos.



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



11. REFERENCIAS

- Adachi, K. y Tainosho, Y. (2004). Characterization of heavy metal particles embedded in tire dust. *Environment International*, 30(8), 1009-1017. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.04.004>.
- Álvarez del Catillo, J. y Agredo Cardona, G. (2013). Pérdida de la Cobertura Vegetal y de Oxígeno en la Media Montaña del Trópico Andino, caso Cuenca Urbana San Luis (Manizales). *Luna Azul*, 37: 30-48
- Andrady, A. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Arboleda, J. (2008). *Manual para la Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades* [Archivo PDF]. https://www.academia.edu/34461272/Manual_EIA_Jorge_Arboleda_1
- Arena, A. (2017). *Guía Metodológica: Análisis de Ciclo de Vida*. Universidad Tecnológica Nacional.
- Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible [ASOCARS]. s.f. *Historia de las CARS*. [Archivo PDF] <https://www.asocars.org/wp-content/uploads/2020/04/Historias-de-las-CARS.pdf>
- Cámara de comercio de Bogotá. 2006. Guía para el manejo de llantas usadas. Editorial Kimpres Ltda.
- Carrión, J. L. (1999). Proceso de Fabricación de las Llantas de Caucho. *Industrial Data*. 2 (2): 40-43
- Castaño Ciro, N. (2012). Incorporación de residuos de caucho vulcanizado posindustrial obtenidos por trituración mecánica a mezclas puras de EPDM. *Virtual Pro*. (163), 21-22.
- Contreras Santos, M. J. (2008). Evaluación de experiencias locales urbanas desde el concepto de sostenibilidad: el caso de los desechos sólidos del municipio de Los Patios (Norte de Santander, Colombia). *Trabajo Social*, (10), 109-134.
- Coria, I. (2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. *Invenio*, 11(20), 125-135.
- Corporación Autónoma Regional del Magdalena. (22 de octubre de 2021). *CORPAMAG realizará la VII Jornada de Recolección de Residuos Posconsumo*. <https://www.corpamag.gov.co/index.php/es/homepage/79-contenido-espanol/noticias/938-vii-posconsumo>
- Corporación Autónoma Regional del Magdalena. (29 de enero de 2013). *Misión, visión y funciones*. <https://www.corpamag.gov.co/index.php/es/transparencia/quienes-somos/mision-vision-funcion>
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC. (2017). *¿Sabías que en tu casa y sitio de trabajo se generan residuos posconsumo?* Recuperado de <https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-09/Cartilla%20Hogares%20Posconsumo.pdf>



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



- Decreto 1713 de 2002. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. 6 de agosto de 2002.
- Dicamillo, N. (3 de julio de 2017). New Eco-Friendly, Renewable Tires Stretch the Boundaries of Rubber Production. *Newsweek*. <https://www.newsweek.com/new-eco-friendly-renewable-tires-stretch-boundaries-rubber-production-564165>
- Emission Analytics. (2020). *Pollution from Tyre Wear 1,000 Times Worse than Exhaust Emissions*. https://static1.squarespace.com/static/5a9400b37e3c3a8c47522029/t/5e62681e9d30e112279aaf50/1583507486738/EA_tyres_Final.pdf
- Hernández, L. (22 de mayo de 2018). *La función de los neumáticos en los automóviles*. Autocosmos. <https://noticias.autocosmos.com.mx/2018/05/22/la-funcion-de-los-neumaticos-en-los-automoviles>
- Hodson, E. (2018). Bioeconomía: el futuro sostenible. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.650>
- ISO 14001: 2015. *Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso*.
- ISO 14040: 2006. *Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia*.
- Jan Kole, P., Löhr, A., Van Belleghem, F. y Ragas, M. (2017). Wear and Tear of Tyres: A Stealthy Source of Microplastics in the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/ijerph14101265>
- Las imparables ruedas de la contaminación. (2010). *Portafolio*. <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/imparables-ruedas-contaminacion-437016>
- Leal Piedrahita, A. (2013). Creación y puesta en Funcionamiento de una Empresa con sede en Bogotá para la prestación de Servicios que permitan desarrollar Planes de Mejoramiento a los Niveles de Contaminación del Medio Ambiente en Empresas del Sector del Caucho. Pontificia Universidad Javeriana.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Plan Nacional para la Gestión Sostenible de los Plásticos de un Solo Uso* [Archivo PDF]. http://vip.acoplasticos.com.co/_lib/file/doc/PLAN_PLASTICOS.pdf
- Monroy, N., Saer, A. y van Hoof, B. (2008). *Producción más limpia: Paradigma de gestión ambiental*. Universidad de los Andes.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Los 10 elementos de la agroecología: guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles*. [Archivo PDF]. <https://www.fao.org/3/i9037es/i9037es.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. [Archivo PDF].



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=642BA58516D532E15EEC34AB224F3486?sequence=1

- Parreño, M. y Peñafiel, R. (2006). *Diagnóstico de la contaminación atmosférica por óxidos de nitrógeno y selección de la mejor alternativa tecnológica para su reducción, en la central termoeléctrica Guangopolo- Termopichincha S.A.*, [Tesis de Maestría, Universidad San Francisco de Quito] <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/883>
- Peña Montoya, C. C., Torres Lozada, P., Vidal Holguín, C. J., y Marmolejo Robellón, L. F. (2017). La logística de reversa y su relación con la gestión integral y sostenible de residuos sólidos en sectores productivos. *Entramado*,9(1), 226–238. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.3455>
- Peña Urrego, W. S. (2019). *Análisis de Ciclo de Vida de la Pirólisis como Alternativa de Gestión de Residuos de Llantas Usadas: Una Revisión Bibliográfica*. Universidad Libre. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/19029/Trabajo%20de%20Grado%20-%20Especializaci%C3%B3n%20en%20Gerencia%20Ambiental.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Perng, C., Cheng, I., Wang, I. y Chou, M. (2011). Ozonation of odorous compounds in gases emitted from rubber processing industries. *Virtual Pro*.
- Piscitello, A., Bianco, C., Casasso, A. y Sethi, R. (2021). Non-exhaust traffic emissions: Sources, characterization, and mitigation measures. *Science of The Total Environment*, 766(144440), <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144440>
- Resolución 1326 de 2017. Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se dictan otras disposiciones. 6 de julio de 2017.
- Restrepo Guerra, L. F. (2008). *Análisis de costos para la implementación de alternativas de PML en los procesos constructivos críticos del proyecto terminal satélite de pasajeros del sur en el Distrito Capital*. [Archivo PDF] https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/272
- Rhodamer, T. (s.f.). *Industria del Caucho*. <https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+80.+Industria+del+caucho>
- Rojo, E. y Montoto, T. (2017). *Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*. *Ecologistas en Acción*.
- Root, T. (1 de octubre de 2019). *Los neumáticos también son responsables de la contaminación plástica*. National Geographic. <https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/neumaticos-contaminacion-plastica>
- Sarandón, S. y Flores, C. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. Universidad de La Plata.



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



Semana. (16 de abril de 2021). *En Colombia, cada año 950.000 llantas usadas van a parar a la basura.* <https://www.semana.com/economia/inversionistas/articulo/en-colombia-cada-ano-950000-llantas-usadas-van-a-parar-a-la-basura/202129/>

Universidad del Valle. (2015). *Impactos ambientales de los monocultivos.* <https://www.univalle.edu.co/medio-ambiente/impactos-ambientales-de-los-monocultivos>



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



12. ANEXOS

✚ Matriz de evaluación de impactos ambientales para la etapa de obtención de materias primas.

MATRIZ ARBOLEDA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS EN LA ETAPA 1												
Realizado por Adela E. Orozco Sequea												
Fase	Actividad	Aspecto	Impacto Ambiental	Clase	Presencia	Evolución	Duración	Magnitud	Calificación ambiental		Importancia	
									-	+		
Obtención de materias primas	Producción de caucho	Establecimiento de monocultivos	Pérdida de biodiversidad	-1,00	0,90	0,70	0,70	0,90	-5,86		Relevante	
		Remoción de la cobertura vegetal natural	Alteración de características físicoquímicas del suelo	-1,00	1,00	0,75	0,70	0,50	-4,73		Moderado	
		Uso de agua	Disminución de la disponibilidad del recurso hídrico	-1,00	0,75	0,45	0,25	0,69	-2,19		Irrelevante	
	Procesamiento del caucho	Generación de emisiones atmosféricas	Disminución de la calidad del aire	-1,00	0,70	0,80	0,45	0,80	-4,08		Moderado	
		Generación de residuos de caucho vulcanizado	Contaminación de fuentes hídricas	-1,00	0,70	0,70	0,25	0,80	-3,27		Moderado	
		Contratación de personal	Generación de empleo	1,00	1,00	0,70	0,25	0,45	2,96		Moderado	
	Producción de negro de humo	Precalentamiento del aire y derivados del petróleo	Generación de emisiones atmosféricas	Disminución de la calidad del aire	-1,00	0,70	0,80	0,45	0,80	-4,08		Moderado
		Procesamiento del negro de humo	Uso de energía	Agotamiento del recurso energético	-1,00	0,90	0,75	0,20	0,50	-2,90		Moderado
		Bombeo y secado	Uso de agua	Disminución de la disponibilidad del recurso hídrico	-1,00	0,75	0,45	0,25	0,69	-2,19		Irrelevante
		Limpieza de equipos	Generación de residuos líquidos	Contaminación de fuentes hídricas	-1,00	0,25	0,80	0,25	0,90	-1,45		Irrelevante
Manejo de equipos		Contratación de personal	Generación de empleo	1,00	1,00	0,70	0,25	0,45	2,96		Moderado	
Impacto neto									-30,75	5,91		
Impacto definitivo									-24,84			

✚ Matriz de evaluación de impactos ambientales para la etapa de fabricación y embalaje.



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



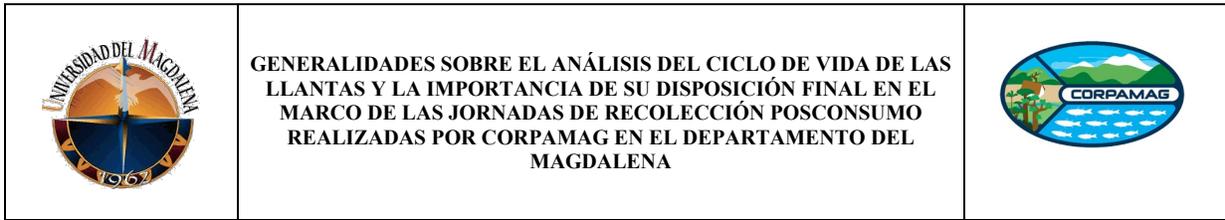
MATRIZ ARBOLEDA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS EN LA ETAPA 2											
Realizado por Adela E.Orozco Sequea											
Fase	Actividad	Aspecto	Impacto Ambiental	Clase	Presencia	Evolución	Duración	Magnitud	Calificación ambiental		Importancia
									-	+	
Fabricación	Procesamiento de materias primas	Uso de agua	Disminución de la disponibilidad del recurso hídrico	-1,00	0,75	0,75	0,65	0,75	-4,42		Moderado
		Generación de residuos sólidos	Aumento de la contaminación ambiental	-1,00	0,90	0,69	0,39	0,90	-4,97		Moderado
		Uso de energía	Agotamiento del recurso energético	-1,00	0,90	0,75	0,20	0,50	-2,90		Moderado
	Vulcanización	Generación de emisiones atmosféricas	Disminución de la calidad del aire	-1,00	0,70	0,69	0,20	0,70	-2,79		Moderado
Embalaje	Empaque	Uso de papel y madera	Disminución de las áreas forestales	-1,00	0,90	0,50	0,25	0,69	-2,85		Moderado
		Uso de plástico	Aumento del consumo de combustibles fósiles	-1,00	0,90	0,45	0,69	0,69	-3,82		Moderado
		Generación de residuos sólidos	Aumento de la contaminación ambiental	-1,00	0,90	0,69	0,39	0,90	-4,97		Moderado
		Contratación de personal	Generación de empleo	1,00	1,00	0,70	0,25	0,45		2,96	Moderado
Impacto neto									-17,32	2,96	
Impacto definitivo									-14,37		

Matriz de evaluación de impactos ambientales para la etapa de uso.

MATRIZ ARBOLEDA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS EN LA ETAPA 4											
Realizado por Adela E.Orozco Sequea											
Fase	Actividad	Aspecto	Impacto Ambiental	Clase	Presencia	Evolución	Duración	Magnitud	Calificación ambiental		Importancia
									-	+	
Uso	Contacto con el asfalto	Generación de emisiones atmosféricas	Disminución de la calidad del aire	-1,00	1,00	0,69	0,60	0,80	-5,66		Relevante
		Generación de residuos sólidos	Contaminación de cuerpos de agua	-1,00	1,00	0,69	0,39	0,90	-5,52		Relevante
Impacto neto									-11,18	0,00	
Impacto definitivo									-11,18		

Matriz de evaluación de impactos ambientales para la alternativa de disposición final incineración.

MATRIZ ARBOLEDA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS EN LA ETAPA 5											
Realizado por Adela E.Orozco Sequea											
Fase	Actividad	Aspecto	Impacto Ambiental	Clase	Presencia	Evolución	Duración	Magnitud	Calificación ambiental		Importancia
									-	+	
Incineración	Quema de llantas usadas	Generación de emisiones atmosféricas	Disminución de la calidad del aire	-1,00	0,70	0,69	0,20	0,70	-2,79		Moderado
	Funcionamiento de incineradores	Uso de energía	Agotamiento del recurso energético	-1,00	0,90	0,75	0,20	0,50	-2,90		Moderado
	Incineración de neumáticos	Generación de combustible derivado de neumáticos	Disminución del consumo de combustibles fósiles	1,00	0,35	0,30	0,50	0,50		0,89	Irrelevante
Impacto neto									-5,69	0,89	
Impacto definitivo									-4,80		



Matriz de evaluación de impactos ambientales para la alternativa de disposición final almacenamiento.

MATRIZ ARBOLEDA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS EN LA ETAPA 5											
Realizado por Adela E.Orozco Sequea											
Fase	Actividad	Aspecto	Impacto Ambiental	Clase	Presencia	Evolución	Duración	Magnitud	Calificación ambiental		Importancia
									-	+	
Almacenamiento	Acumulación de llantas	Generación de vectores	Disminución de la calidad de salud pública	-1,00	0,80	1,00	0,15	0,70	-4,28		Moderado
			Alteración de características fisicoquímicas del suelo	-1,00	0,50	0,50	0,50	0,60	-1,80		Irrelevante
Impacto neto									-6,08	0,00	
Impacto definitivo									-6,08		

Matriz de evaluación de impactos ambientales para la alternativa de disposición final trituración.

MATRIZ ARBOLEDA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS EN LA ETAPA 5												
Realizado por Adela E.Orozco Sequea												
Fase	Actividad	Aspecto	Impacto Ambiental	Clase	Presencia	Evolución	Duración	Magnitud	Calificación ambiental		Importancia	
									-	+		
Obtención de materia prima	Recolección de llantas usadas	Acondicionamiento de llantas usadas	Disminución de la extracción de materias primas	1,00	1,00	0,80	0,50	0,85		6,26	Relevante	
Trituración	Separación del caucho de otros elementos	Obtención de caucho reusable	Disminución de la extracción de materias primas	1,00	1,00	0,80	0,50	0,85		6,26	Relevante	
			Trituración mecánica	Uso de energía	Agotamiento del recurso energético	-1,00	0,90	0,75	0,20	0,50	-2,90	Moderado
			Trituración criogénica	Generación de emisiones atmosféricas	Disminución de la calidad del aire	-1,00	0,70	0,69	0,20	0,70	-2,79	Moderado
Impacto neto									-5,69	12,52		
Impacto definitivo									6,83			

Matriz de evaluación de impactos ambientales para la alternativa de disposición final renecauche.

MATRIZ ARBOLEDA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS EN LA ETAPA 5											
Realizado por Adela E.Orozco Sequea											
Fase	Actividad	Aspecto	Impacto Ambiental	Clase	Presencia	Evolución	Duración	Magnitud	Calificación ambiental		Importancia
									-	+	
Obtención de materia prima	Recolección de llantas usadas	Acondicionamiento de llantas usadas	Disminución de la extracción de materias primas	1,00	1,00	0,80	0,50	0,85		6,26	Relevante
Reencauche	Renovación de banda de rodamiento	Adecuación de neumáticos usados	Disminución de la extracción de materias primas	1,00	1,00	0,80	0,50	0,85		6,26	Relevante
			Agotamiento del recurso energético	-1,00	0,90	0,75	0,20	0,50	-2,90		Moderado
			Pelado de la carcasa	Generación de residuos sólidos aprovechables	Disminución de la contaminación ambiental	1,00	1,00	0,30	0,90	0,69	
Impacto neto									-2,90	16,67	
Impacto definitivo									13,77		



GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



✚ Realización de jornada de recolección posconsumo año 2021, punto de recolección Zona Bananera.





GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



- ✚ Entrega de material educativo en la jornada de recolección posconsumo año 2021, punto de recolección Zona Bananera.





GENERALIDADES SOBRE EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE LAS LLANTAS Y LA IMPORTANCIA DE SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MARCO DE LAS JORNADAS DE RECOLECCIÓN POSCONSUMO REALIZADAS POR CORPAMAG EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



- Realización de jornada de recolección posconsumo año 2021, punto de recolección Ciénaga.

