



**Caracterización de la cadena de recuperación de aceite usado
proveniente del sector automotriz en el contexto urbano.**

Caso de Ibagué.

**Carlos Danilo Serrato Escobar
Jorge Iván González Avilés**

**Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Industrial
Ibagué, 2020**



Caracterización de la cadena de recuperación de aceite usado proveniente del sector automotriz en el contexto urbano.

Caso de Ibagué.

**Carlos Danilo Serrato Escobar
Jorge Iván González Avilés**

Trabajo de grado que se presenta como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Industrial

Directora:

Ing. Andrés Alberto García León

Profesor Universidad de Ibagué

**Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Industrial**

Ibagué, 2020



Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A nuestros hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

GRACIAS TOTALES.



Agradecimientos

Agradecemos a nuestros docentes de Ingeniería Industrial de la Universidad de Ibagué por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Ingeniero Andrés Alberto García León tutor de nuestro trabajo de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente. Finalmente, a los habitantes de la ciudad de Ibagué por su valioso aporte para nuestra investigación.



Resumen

Se realizó una investigación que pretendió caracterizar la cadena para la recuperación de aceite usado proveniente del sector automotriz en el contexto urbano (Ciudad de Ibagué). La disposición final del aceite usado, es una problemática de interés mundial dada por la creciente presión hacia la preservación del ambiente y al desarrollo sostenible, lo que conlleva a la importancia de la gestión eficiente de residuos (la reducción, la reutilización y el reciclaje) como una fuente de generación de valor en el contexto local.

La caracterización de la cadena de recuperación implicó el cumplimiento de los siguientes objetivos específicos. El primero, consistió en realizar un análisis de referencia de buenas prácticas para el diseño de una cadena de recuperación de aceites usados que permita identificar aspectos claves para su caracterización en contextos urbanos. En el segundo objetivo, se pretendió caracterizar los actores que intervienen en la cadena de recuperación que permita su representación en el contexto mediante la realización de encuestas y entrevistas que se desarrollaron en diferentes servitecas de la ciudad (sitios en los que generalmente se realizan los cambios de aceite). Finalmente, se realizó un diagnóstico que permite dimensionar la problemática ambiental, social y económica existente en la cadena de recuperación de aceites usados en Ibagué mediante el análisis de la información recolectada y de esta manera formular estrategias que mitiguen el impacto de dicho residuo.

Para el trabajo de investigación, se visitaron en total 20 lugares que prestan el servicio de cambio de aceite automotriz, los cuales estaban divididos en servitecas y talleres locales. Basados en la información obtenida en cada uno de ellos se estimaron los cálculos de recolección de aceite por cada una de las dos empresas (Atica y Combustibles Juanchito), lo que arrojó 34,08 tambores al mes y cada tambor cuenta con una capacidad de 55 galones, por consiguiente, se recolectan 1874.4 Galones / Mes.

Palabras clave: Acopio, Manejo, Almacenamiento, Aprovechamiento, Disposición final, Plan de contingencias, Plan de emergencia, Receptor, Residuo, Riesgo, Tratamiento.



Abstract:

An investigation was carried out that sought to characterize the chain for the recovery of used oil from the automotive sector in the urban context (Ciudad de Ibagué). The final disposal of used oil is a problem of global interest due to the increasing pressure towards the preservation of the environment and sustainable development, which implies the importance of efficient waste management (reduction, reuse and recycling) as a source of value generation in the local context.

The characterization of the recovery chain implied the fulfillment of the following specific objectives. The first one consisted of carrying out a benchmark analysis of good practices for the design of a used oil recovery chain that allows identifying key aspects for its characterization in urban contexts. In the second objective, the aim was to characterize the actors that intervene in the recovery chain that allows their representation in the context by conducting surveys and interviews that were carried out in different services in the city (places where the oil changes). Finally, a diagnosis was carried out that allows the environmental, social and economic problems existing in the recovery chain of used oils in Ibagué to be dimensioned by analyzing the information collected and thus formulating strategies to mitigate the impact of said waste.

For the research work, a total of 20 places that provide the service of automotive oil change were visited, which were divided into servitecs and local workshops. Based on the information obtained in each of them, the oil collection calculations for each of the two companies (Atica y Combustibles Juanchito) were estimated, which resulted in 34.08 drums per month and each drum has a capacity of 55 gallons, therefore 1874.4 gallons / month are collected.

Keywords: Collection, Handling, Storage, Use, Final Disposal, Contingency Plan, Emergency Plan, Receiver, Waste, Risk, Treatment.



Glosario:

Las siguientes definiciones se presentan con el fin de dar claridad a algunos términos utilizados en el presente Manual y al desarrollo técnico que se propone para el manejo de los aceites lubricantes usados.

Acopio. Acción tendiente a reunir productos desechados o descartados en un lugar acondicionado para tal fin, de manera segura y ambientalmente adecuada, a fin de facilitar su acopio y posterior

Manejo. El lugar donde se desarrolla esta actividad se denomina centro de acopio.

Almacenamiento. Es el depósito temporal de aceite lubricante usado en un espacio físico definido y por un tiempo determinado con carácter previo a su aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final.

Aprovechamiento y/o Valorización. Es el proceso de recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los aceites lubricantes usados, por medio de la recuperación, el reciclado o la regeneración.

Disposición Final. Es el proceso de aislar y confinar los aceites lubricantes usados, en especial los no aprovechables, en lugares especialmente seleccionados, diseñados y debidamente autorizados, para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

Plan de contingencia. Programa de tipo predictivo, preventivo y reactivo con una estructura estratégica, operativa e informática desarrollado por la empresa, industria o algún actor de la cadena del transporte, para el control de una emergencia que se produzca durante el manejo, transporte y almacenamiento de mercancías peligrosas, con el propósito de mitigar las consecuencias y reducir los riesgos de empeoramiento de la situación y



acciones inapropiadas, así como para regresar a la normalidad con el mínimo de consecuencias negativas para la población y el medio ambiente.

Plan de emergencia. Organización de los medios humanos y materiales disponibles para garantizar la intervención inmediata ante la existencia de una emergencia que involucre mercancías peligrosas y garantizar una atención adecuada bajo procedimientos establecidos.

Receptor. El titular autorizado para realizar las actividades de almacenamiento, aprovechamiento y/o valorización (incluida la recuperación, el reciclado o la regeneración), el tratamiento y/o la disposición final de aceite lubricante usado.

Residuo o Desecho Peligroso. Es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Riesgo. Probabilidad o posibilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana y/o al ambiente.

Tratamiento. Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los aceites lubricantes usados, teniendo en cuenta el riesgo y grado de peligrosidad de los mismos, para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento y/o valorización o para minimizar los riesgos a la salud humana y el ambiente.



Tabla de contenido

Contenido

1. Introducción	11
2. Presentación del problema	12
2.1 Planteamiento del problema	12
2.2 Justificación del objeto de estudio	14
3. Tipo de investigación	16
3.1 Objetivo General	16
3.2 Objetivos específicos	16
4. Metodología	17
5. Análisis de referencia y estado del arte	17
6. Referentes empíricos	21
7. Referentes teóricos	23
8. Referente sectorial	24
9. Buenas prácticas	25
10. Normatividad	26
11. Objeto de estudio	31
11.1 Actores involucrados en la Cadena de Suministro	32
11.2 Cantidades generadas	33
12. Ambientales	36
12.1 Efectos de los aceites en el agua	36
12.2 Efectos de los aceites en el suelo.	37
12.3 Efectos de los aceites en el aire.	37
13. Social	38
14. Económico	39
15. Valor agregado potencial	40
15.1 Sedimentación	40
15.2 Calentamiento	40
15.3 Centrifugación	40
15.4 Demulsificación	41



15.5 Filtración	41
15.6 Destilación flash	41
15.7 Adsorción e intercambio iónico	41
16. Diagnóstico del proceso de recolección	43
17. Propuesta de mejora	45
18. Limitaciones	50
19. Conclusiones	50
20. Recomendaciones	51
21. Referencias	52
i. Anexo 1	56



1. Introducción

La mala disposición final del aceite de motor usado ha causado grandes daños en el planeta. Esta ha ocasionado impactos medioambientales como el deterioro de las capas del suelo, la contaminación en vertimientos que finalmente llegan al mar y adicionalmente puede afectar el aire que será respirado por los seres vivos de dicho ecosistema. El manejo inadecuado del aceite usado del sector automotriz representa una amenaza significativa para el medio ambiente y la sociedad. Por consiguiente, la logística inversa se ha convertido en una de las principales estrategias para el diseño y gestión de la cadena de abastecimiento para mitigar la problemática.

De acuerdo con lo anterior, el problema de la presente investigación está relacionado con la ineficiente gestión logística y manejo de residuos que se le ha dado al aceite usado proveniente del sector automotriz en el contexto urbano. Caso de Ibagué. El Registro Único Nacional de Tránsito “RUNT” integra, bajo su modelo de operación, a actores particulares y gubernamentales, quienes proveen información del Sector a la plataforma en tiempo real en un esquema de corresponsabilidad, lo cual asegura la trazabilidad y administración de la información. El total del parque automotor registrado es de 14'880.823 vehículos, representando en motos 8'613.702 (58%), carros 6'112.401 (41%), maquinaria, remolques y semirremolques 154.720 (1%) (RUNT., 2019). El volumen anual de consumo de lubricantes en Colombia se estima en aproximadamente 39'600.000 y aproximadamente más de 31 millones de galones de aceites usados de motor no tienen una correcta disposición final según el informe realizado por la revista Suiza en el 2011, en Colombia se estima que el sector automotriz consume 25'740.000 galones de aceite lubricantes al año. El 65% de este mercado lo tiene Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, con el consumo de 16'640.000 galones anuales. Específicamente Ibagué, cuenta con un parque automotor de 199.357 vehículos los cuales generarían un impacto importante en la ciudad al momento de realizar una indebida manipulación de sus residuos, específicamente para esta investigación, los aceites usados de motor, teniendo en cuenta que un carro en promedio realiza un cambio de aceite cada 6 meses o al realizar un recorrido de 5000 km. Así lo hizo saber el secretario de movilidad en un informe dado el 06 de mayo del 2019.

Analizando dicha problemática se concluye que es necesario caracterizar la cadena de recuperación de aceite usado proveniente del sector automotriz en Ibagué, mediante la



identificación de los actores, relaciones y flujos desde la generación hasta la disposición final de los residuos para determinar la problemática, Los resultados de la investigación se describen mediante etapas como, la presentación del problema, referentes, metodología utilizada, presentación de resultados y propuesta de mejora. Todo esto conduce a obtener el proceso de recuperación efectuado para los aceites usados de automotor, la estimación de las cantidades de residuos y los actores que intervienen en la cadena y finalizando con una propuesta estratégica de recuperación en la determinación de puntos de recolección y el diseño de rutas que conecten los puntos de generación de los actores que intervienen en su modelamiento.

2. Presentación del problema

2.1 Planteamiento del problema

El problema de la presente investigación está relacionado con la ineficiente gestión logística y manejo de residuos que se le ha dado al aceite usado proveniente del sector automotriz en el contexto urbano. Caso de Ibagué. El Registro Único Nacional de Tránsito “RUNT” integra, bajo su modelo de operación, a actores particulares y gubernamentales, quienes proveen información del Sector a la plataforma en tiempo real en un esquema de corresponsabilidad, lo cual asegura la trazabilidad y administración de la información. El total del parque automotor registrado es de 14’880.823, representado en motos 8’613.702 (58%), carros 6’112.401 (41%), maquinaria, remolques y semirremolques 154.720 (1%) (RUNT., 2019).

El rápido crecimiento del parque automotor en Colombia logra el aumento del consumo de aceite lubricante y este a su vez conlleva al agotamiento de los recursos y al aumento en la contaminación ambiental. Los aceites lubricantes son sustancias líquidas derivadas del petróleo, compuestas en su mayoría por mezclas de diversos tipos de hidrocarburos que se utilizan para reducir la fricción de partes rodantes o deslizantes, proteger contra la corrosión, enfriar los sistemas y limpiar algunas piezas. Son el resultado de una combinación de “aceites base”, que proveen las características lubricantes primarios y “aditivos” utilizados para aumentar su rendimiento, eficiencia y vida útil. Los aceites base están compuestos por hidrocarburos entre el 75% y el 85% de la composición total. Pueden ser de tipo mineral cuando se obtienen del petróleo, a partir del proceso de refinación, o



sintéticos si proceden de procesos de síntesis química. La mezcla de aceites sintéticos y minerales da lugar a los aceites base semi-sintéticos (Sostenible, 2014).

Con el uso, los aceites con base mineral, sintética o semi-sintética acumulan contaminantes que se degradan y hacen que los aceites pierdan sus características y cualidades originales. Ante esta situación, se hace necesaria la sustitución por aceites nuevos generándose de esa forma el residuo conocido como aceite usado, que debe ser gestionado integralmente hasta el aprovechamiento o valorización y eliminación. Los aceites usados de origen automotriz más conocidos generados en la actualidad, provienen del uso de: Aceite sintético, Líquido para transmisión, Aceite de motor (Sostenible, 2014).

En Colombia el manejo de los aceites usados va en aumento aunque no es un porcentaje que logre cumplir con la totalidad de las regiones y ni la totalidad de los aceites usados, según información del Fondo de Aceites Usados -FAU3, al comparar los volúmenes de aceite usado aprovechado y dispuesto correctamente por operadores avalados por el FAU a través de los años y el volumen total de aceite usado generado en el país, se encuentra que se ha venido incrementando cada año el porcentaje de recolección del aceite usado con base en los planes de manejo de aceite usado que desarrollan sus afiliados con los operadores. Así, para el año 2008 fue del 24,2%, para el año 2009 del 31,7%, para el año 2010 del 45%, para el año 2011 del 47,2%, en el año 2012 del 53% y se proyectaba para el año 2013 un 56%. Se puede también observar que no en todas las regiones del país se encuentra puntos idóneos para el manejo de estos residuos. Actualmente funcionan con licencia ambiental aproximadamente 18 gestores receptores que realizan actividades de recolección, transporte y aprovechamiento de aceites usados en Colombia, los cuales se ubican principalmente en los departamentos de Antioquia, Atlántico, Bolívar, Cundinamarca, Risaralda y Valle del Cauca (Sostenible, 2014).

Los aceites automotrices conllevan a diferentes tipos de contaminación según sea su depósito final, en el aire: El aceite lubricante usado que se quema bajo condiciones no controladas puede emitir más plomo al aire que cualquier otra fuente industrial. Los compuestos aromáticos poli cíclicos constituyentes de los aceites usados pueden evaporarse o tener transformaciones fotoquímicas que los descomponen en gases o partículas que se incorporan a la atmósfera. En el agua: Los vertimientos a cuerpos de agua forman una película sobre la superficie ocasionando daños a los organismos además de perjudicar la transferencia de oxígeno y producir efectos tóxicos sobre organismos, como



algas y peces. El contacto con el suelo de componentes no biodegradables, presentes en aceites lubricantes usados destruyen el humus vegetal, alterando la fertilidad de los suelos y generando alto riesgo de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas (CONAMA, 2007).

La investigación busca delinear las estrategias para lograr una utilización eficaz y eficiente de los subproductos, logrando una gestión sostenible del residuo desde una perspectiva del consumidor intermedio, planteando estrategias que aborden un desarrollo sostenible a partir del manejo de estos residuos.

Con base en lo planteado anteriormente se generó una pregunta de investigación:

¿Cómo caracterizar una cadena de recuperación de aceites automotrices en la ciudad de Ibagué, logrando un desempeño balanceado en las dimensiones económicas, sociales y ambientales?

Para resolver el problema de investigación planteado, se formularon la siguientes sub-preguntas de investigación:

¿Cuáles son los aspectos claves a considerar para caracterizar una cadena de recuperación de aceite usado proveniente del sector automotriz?

¿Cuál es la normatividad que rige la disposición final de aceites lubricantes usados en Colombia?

¿Cuáles son las alternativas que se podrían desarrollar en Ibagué para generar valor agregado?

¿Cuáles son los actores que intervienen en la recuperación de aceites automotrices desde su generación hasta la disposición final?

¿Cuáles son las relaciones entre los actores para la generación de valor agregado en el manejo de residuos provenientes de los aceites automotrices?

¿Cómo estimar la cantidad de aceite que ingresa al mercado local y cómo determinar el flujo que se sigue una vez que ha cumplido su vida útil?

2.2 Justificación del objeto de estudio

Actualmente el planeta tierra cuenta con una serie de cambios, alteraciones en la misma que generan de forma negativa un deterioro, por tal motivo la protección del medio ambiente es reto social y ético en la actualidad, La vida cotidiana en el planeta demuestra que la contribución humana para mitigar los daños ocasionados es urgente e inaplazable, de lo contrario, se estará condenando el futuro.



En otro sentido el deterioro ecológico o medio ambiental produce afectaciones a la salud de cada individuo, por mencionar un ejemplo, se afirma que los contaminantes y sus derivados pueden tener efectos negativos al interactuar con moléculas que son decisivas para los procesos bioquímicos o fisiológicos del cuerpo humano (Morales, 2011)

Se considera, además, la importancia de preservar el agua como fuente natural indispensable para la vida, pues es inquietante la crítica situación de los países del tercer mundo con la escasez y contaminación de este vital recurso natural. Se sabe que en los países en desarrollo, el 80 % del total de enfermedades y más de una tercera parte de las muertes, están originadas por el consumo de agua contaminada. Las enfermedades transmitidas por el agua, representan la principal categoría de enfermedades transmisibles que intervienen en la mortalidad infantil en los países en desarrollo, y la segunda -por detrás sólo de la tuberculosis-, de las que intervienen en la mortalidad de adultos, con un millón de muertes al año.(Morales, 2011)

Otras fuentes aseveran que cerca del 55 % de la población rural en el mundo y el 45% de la urbana no tienen disponibilidad de agua potable, y que alrededor de cinco millones de personas mueren cada año por enfermedades de origen hídrico (Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Serie Salud Ambiental No. 1. (Travieso, 1999)

Al observar el comportamiento de estos lubricantes derramados se observa que contaminan los suelos, se está perjudicando la salud de los trabajadores que tienen contacto directo y constante con estos lubricantes y la contaminación adicional al realizar la entrega y recolección del producto inicial y el producto final el cual será el aceite lubricante usado para automotores, razón por la cual se realiza este trabajo para la elaboración de un plan de acción ambiental proponiendo medidas correctivas reduciendo el grado de contaminación que generan el uso de los aceites lubricantes en la ciudad de Ibagué.

Según lo anterior podemos expresar que este trabajo de investigación, basado en la caracterización de la cadena de recuperación de aceites usados o una cadena de abastecimiento inversa busca:

Respetar la Tierra y la vida en toda su diversidad... cuidar la comunidad de la vida con entendimiento, compasión y amor entre los humanos... construir sociedades democráticas



que sean justas, participativas, sostenibles y pacíficas... garantizar el cuidado de los frutos y la belleza de la Tierra para el disfrute y el desarrollo vital de las generaciones del presente y el futuro. (Tierra, 2000)

3. Tipo de investigación

Experimental descriptivo, con enfoque deductivo y naturaleza cualitativa-cuantitativa. Es descriptivo, ya que uno de los objetivos que se plantó es caracterizar los procesos logísticos vinculados al diseño de una cadena de abastecimiento inversa dedicada a la caracterización proveniente de la lubricación con aceite en el sector automotriz en el contexto urbano Ibagué, donde se analizó el procedimiento que se tiene con el aceite de motor usado, que sucede con estos, su centro de acopio y a donde se envían luego de la fase de consumo. Con esta información se pretendió cuantificar cuántos galones se recolectan en la ciudad de Ibagué, al mismo tiempo las condiciones en las que se encuentra este residuo.

Objetivos avalados

3.1 Objetivo General

Caracterizar la cadena de recuperación de aceite usado proveniente del sector automotriz de la ciudad de Ibagué, mediante la identificación de los actores, relaciones y flujos desde la generación hasta la disposición final de los residuos para determinar la problemática ambiental, social y económica

3.2 Objetivos específicos

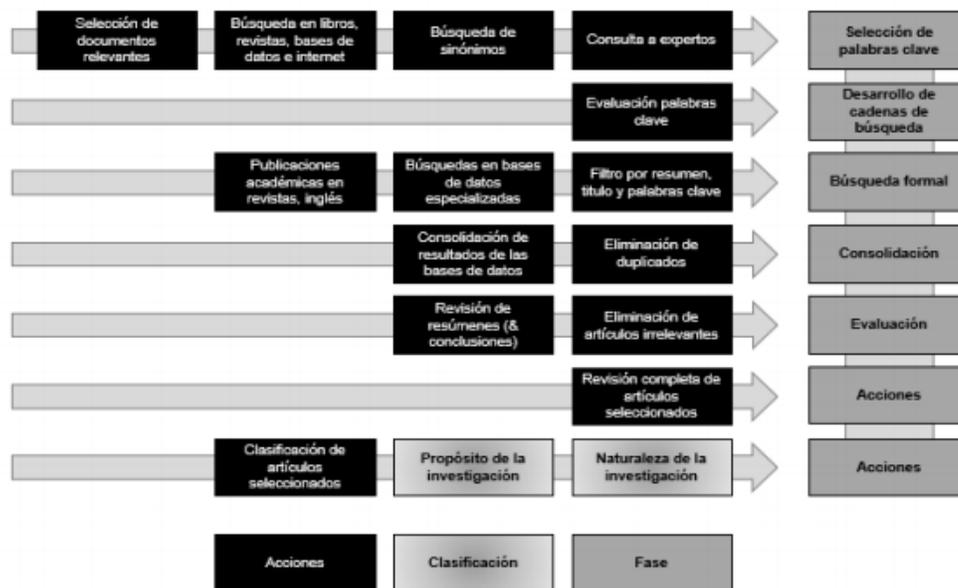
1. Realizar un análisis de referencia de buenas prácticas para el diseño de una cadena de recuperación de aceites usados que permita identificar aspectos claves para su caracterización en contextos urbanos.
2. Caracterizar los actores que intervienen en la cadena de recuperación de aceite usado de la ciudad de Ibagué que permita su representación en el contexto local por medio de la realización de visitas a los actores de la cadena y la estimación de los flujos que se gestionan.



3. Realizar un diagnóstico que permita dimensionar la problemática ambiental, social y económica existente en la cadena de recuperación de aceites usado en Ibagué mediante el análisis de la información recolectada

4. Metodología

La metodología utilizada para la elaboración del estado del arte se basó en el enfoque propuesto por (Newbert, 2007), el cual consta de siete fases tal y como se puede observar en la Figura 1



Fuente 1 Adaptado de (Wolpert & Reuter, 2012)

Figura 1 . Metodología de la revisión estructurada de la literatura derivada y basada en el trabajo de Newbert (2007)

5. Análisis de referencia y estado del arte

La literatura dedicada al diseño de la red de la cadena de suministro se puede dividir en dos partes, la primera es la Logística Directa (LD) y, por otro lado, se encuentra la Logística Inversa (LI). El primer caso, aborda la red de envío en un flujo hacia adelante. Mientras que, la LI comprende problemas que se centran completamente en el flujo de la red hacia atrás, más conocida como red de recuperación. Por otra parte, en la logística avanzada, como en la logística convencional, se procede a comprar la materia prima a los proveedores, la cual



se transportará a la planta de fabricación para convertirse en un producto terminado, el cual se dirigirá a los centros de distribución, los cuales son los encargados de enviar los productos a los clientes logrando satisfacer la demanda. Por lo contrario, en la LI el flujo de productos se procesa desde los clientes hasta los centros de recolección para su reparación, re-manufactura o eliminación. (Ramezani, Bashiri, & Tavakkoli-Moghaddam, 2018)

En relación con lo anteriormente mencionado, la cadena de suministro inversa o el dominio logístico inverso en los últimos tiempos, ha recibido una atención significativa, ya que ayuda a equilibrar las tres dimensiones de la sostenibilidad, las cuales son, social, económico y ecológico. Así mismo, las empresas que poseen un buen programa de LI tienden a obtener una ventaja competitiva en el mercado. Pero, las empresas no reconocen a la LI como una estrategia efectiva dentro de su cadena de valor, poniendo en riesgo la imagen y reputación de su marca, así mismo, corren el riesgo de dañar las relaciones con sus clientes (Gardas, Raut, & Narkhede, 2018)

Por otra parte, El aceite usado es el residuo que genera la utilización de aceites lubricantes para automoción y para usos industriales. Los aceites usados son una mezcla de hidrocarburos procedentes del petróleo con restos de los aditivos que se les añadieron para realizar la función de lubricación, así como agua, disolventes y otros contaminantes adquiridos durante su utilización. El vertido y la combustión sin previo tratamiento de los aceites lubricantes usados causan profundos daños al medio ambiente.

El sector automovilístico es uno de los más críticos y significativos del mundo, ya que comprende una secuencia de actividades de la cadena de suministro para la producción y entrega de vehículos, generando la necesidad de gestionar la logística tanto directa como inversa (Gruat La Forme, 2007). El aceite usado que proviene de este sector, es un aceite sintético a base de petróleo que se contamina por impurezas químicas y físicas después de su uso. Por ejemplo, el lubricante es usado para disminuir la fricción existente entre el pistón y la camisa del motor (EPA, 1997). La composición de este aceite se puede ver de manera detallada en la Tabla 1.



Tabla 1 Composición de elementos químicos en el aceite usado.

Contaminantes Motor	Gasolina (ppm)	Motor diésel (ppm)	Aceites procedentes de industrias (ppm)
Cadmio	1.7	1.1	6.1
Cromo	9.7	2.0	36.8
Plomo	2.2	29.0	217.7
Zinc	951.0	373.0	373.3
Cloro Total	3600.0	3600.0	6100.0
PCB	20.7	20.7	9572

Fuente: (Enríquez Jaramillo, 2016)

Dicho aceite aunque no se someta al proceso de regeneración, tiene un elevado poder calorífico, que lo convierte en un sustituto potencial del fuel-oíl. Ambas características confieren al aceite usado un valor económico que ha permitido el desarrollo de un importante mercado. La gestión de los aceites usados se encuentra fuertemente intervenida en todos los países industrializados. Inicialmente, ya desde los años treinta, la regulación del sector respondía a razones económicas y estratégicas relacionadas con la dependencia del petróleo (A, 2006)

Cabe resaltar, que el aceite usado, debe ser eliminado dentro de 90 días; de lo contrario, puede dañar el agua subterránea y la tierra (Mahalakshmi, 2015) Este es un valioso recurso energético que, si se recicla o gestiona adecuadamente, produce un stock-base de alta calidad, que se puede utilizar como combustible industrial, lubricante, aceites industriales, aceites de automoción o calentadores de aceites usados (Gardas, Raut, & Narkhede, 2018) Por ejemplo, según, (Rosero & Gaibor, 2019) mediante procesos de destilación y con la ayuda de ciertos químicos se logra remover compuestos volátiles y agua, teniendo como resultado final la separación de los aceites pesados y los contaminantes. Dicho proceso se realiza con el uso del material NaOH y energía eléctrica o de gas natural obteniendo de



esta manera un aceite diésel de alta calidad, bajo en cenizas y contenido de azufre, generando con este un subproducto de flux de asfalto.

La actividad productiva es uno de los pilares fundamentales del desarrollo económico, sin embargo, los residuos generados y el excesivo consumo de recursos naturales, pueden convertirse en agentes de deterioro del medio ambiente, restando sustentabilidad (Ferri, Chaves, & Mattos, 2015)ad al crecimiento económico (Vale-Capdevila, SILVA, & Gotario, 2016).

Además, cabe hacer mención sobre algunas publicaciones en el área de la LI en diferentes economías e industrias, tales como:

- (Ferri, Chaves, & Mattos, 2015) propusieron una red de LI para gestionar los residuos sólidos municipales para así resolver la problemática de la gestión sostenible de los residuos, es decir, a través del equilibrio de las tres dimensiones de la sostenibilidad y teniendo en cuenta las políticas brasileñas y haciendo uso de un modelo matemático.
- (Alshamsi & Diabat, 2015), propusieron un enfoque de programación lineal entera mixta, el cual abordó la configuración de red compleja de un sistema de LI, centrándose en la selección óptima del sitio, centros de re-manufacturación y capacidades de los centros de inspección.
- (Chan & Jain, 2012), investigaron las actividades de la LI de la industria automotriz proponiendo un marco para este tipo de actividades. Como primera medida, revisaron los impulsores de a LI en esta industria. Luego, identificaron los componentes claves que son factibles y valiosos para reutilizar o re-fabricar. Posteriormente, propusieron un marco de LI basados en varios factores de evaluación como el valor de los productos revertidos, la perspectiva de la legislación y los problemas de costos.
- (Gonzales, Álvarez, J, & Díaz, 2010), presentaron un estudio en donde se identificaron las barreras que impiden u obstaculizan la implementación de prácticas de LI orientadas al medio ambiente, con un enfoque en la industria automotriz. Para ello utilizaron evidencia empírica y el análisis estadístico robusto el cual proporcionó información sobre las prácticas de la LI orientada al medio ambiente y las barreras que se encuentran en el sector automotriz español. Por otra parte, mediante el modelo de ecuaciones estructurales identificaron dos tipos de barreras, las externas y las internas



y estudiaron si estas obstaculizan las prácticas de LI orientada al medio ambiente. El modelo también permitió identificar las barreras más relevantes para el sector automotriz

- (Ye, Zhao, Prahinski, & Li, 2013) investigaron los efectos de tres presiones institucionales sobre la postura de los altos directivos hacia la implementación de la LI: presiones del gobierno, los clientes y la competencia. Los datos revelaron que las presiones institucionales tienen una influencia positiva y estadísticamente significativa en la postura de los altos directivos hacia la implementación de la LI. Por último, se encontró que la recuperación del producto tiene un efecto positivo y significativo en el desempeño económico y ambiental de una empresa.

6. Referentes empíricos

El diseño de la cadena de recuperación debe conducir estratégicamente a un proceso idóneo buscando la recuperación de aceites automotores usados logrando no convertirlos en un producto final contaminante con el objetivo de obtener un mayor rendimiento, generando un valor económico y social, lo cual favorece la imagen de la empresa al reducir el impacto medio ambiental y creando concientización del manejo de este producto

En Colombia, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible tiene como meta el buen manejo y utilización de los recursos del país. De acuerdo con el Convenio de Basilea, ratificado y adoptado en Colombia mediante la Ley 253 de 1996, los aceites usados de origen automotor e industrial se clasifican como desechos peligrosos de aceites minerales, no aptos para el uso al que estaban originalmente destinados, o mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua. Sus características de peligrosidad varían según los procesos o equipos en que se hayan utilizado. Entre sus posibles componentes peligrosos se encuentran: el plomo, el cloro, el bario, el magnesio, el zinc, el fósforo, el cromo, el níquel, el aluminio, el cobre, el estaño, el azufre y los hidrocarburos aromáticos polinucleares, entre otros, los cuales si se liberan o manejan inadecuadamente pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente. Por ello, Colombia tiene el reto de dar un manejo integral a los aceites usados, que garantice su gestión ambientalmente segura con el fin de generar una estrategia nacional dentro del marco legal aplicable, que oriente la gestión de los aceites usados (Sostenible, 2014)



La normatividad colombiana establece en su política de manejo de residuos peligrosos diferentes objetivos estratégicos:

Prevenir y minimizar la generación de residuos peligrosos (RESPEL). En este objetivo se observa un principio de regulación importante el cual dota a la administración de instrumentos necesarios para adelantar las tareas de vigilancia sobre la reducción de la generación de RESPEL. El desempeño y las sinergias entre las diferentes autoridades ambientales es la variable primordial en el avance de la política. A diciembre de 2012, aproximadamente el 70% de las autoridades ambientales habían formulado un plan de gestión integral RESPEL. La importancia de estos planes de obligatorio cumplimiento radica en que, si bien es potestad de cada Autoridad Ambiental elaborar según criterio propio, el objetivo es priorizar acciones.

Promover la gestión y manejo integral e incremento en oferta de servicios para el manejo seguro de RESPEL. La promoción del manejo integral de RESPEL es un adelanto institucional en tanto el Estado está realizando tareas no solo para vigilar y controlar su generación, sino que además está tomando una serie de medidas de planeación para mover a los demás actores en esta dirección. La promoción de la gestión adecuada de RESPEL se evidencia en múltiples eventos, programas y proyectos entorno a esta política. La meta de incremento de servicios de manejo seguro de RESPEL ha sido cumplida en un 100% con el aumento de empresas prestadoras de estos servicios. Esta meta es muy relevante dado que uno de los principales cuellos de botella identificados por la política en el año 2005, era la limitada oferta de servicios ambientales. (Minambiente, 2016).

Promover la gestión y manejo integral e incremento en oferta de servicios para el manejo seguro de RESPEL. La promoción del manejo integral de RESPEL es un adelanto institucional en tanto el Estado está realizando tareas no solo para vigilar y controlar su generación, sino que además está tomando una serie de medidas de planeación para mover a los demás actores en esta dirección. La promoción de la gestión adecuada de RESPEL se evidencia en múltiples eventos, programas y proyectos entorno a esta política. La meta de incremento de servicios de manejo seguro de RESPEL ha sido cumplida en un 100% con el aumento de empresas prestadoras de estos servicios. Esta meta es muy relevante dado que uno de los principales cuellos de botella identificados por la política en el año 2005, era la limitada oferta de servicios ambientales. (Minambiente, 2016)



7. Referentes teóricos

Para la caracterización de una cadena inversa de recuperación de aceites usados automotrices en el contexto urbano, específicamente en la ciudad de Ibagué, es necesario observar el enfoque integral de la cadena inversa de recuperación como el intercambio de información entre las partes interesadas. Esto permite mejorar el rendimiento en la implementación de todas las operaciones que están involucradas en el funcionamiento de una cadena de abastecimiento las cuales puedes abordarse por tres dimensiones estratégica, táctica y operativa: Las decisiones estratégicas se orientan a establecer la forma en que la cadena de suministro será ordenada en el largo plazo, así como la distribución de recursos. Seguidamente las decisiones tácticas se establecen de acuerdo a los mercados que serán suministrados, manejos de inventarios y de afianzamiento de precios. Una vez que estas decisiones son determinados se toman las decisiones operativas se toman para el corto plazo e contienen aspectos afines con la programación de producción y colocación de pedidos, listas en el depósito, rutas de entrega, clasificación y programación de vehículos, entre otras (Chopra, Meindl, & Sunil, 2008)

El 95% de los aceites lubricantes es producido por empresas multinacionales afiliadas a la Asociación Colombiana del Petróleo -ACP, Chevron, Texaco, ExxonMobil, Petrobras, Castrol, y por las empresas nacionales Terpel y Brío. El 5% restante corresponde a producción de otros productores nacionales que no reportan a ninguna entidad, ni tienen alguna agremiación que les agrupe. Del 95 % generado por las multinacionales, se ha establecido la distribución de mercado en diferentes segmentos de consumo, por ejemplo industrial 13%, de proceso 19%, automotor 68% (Sostenible, 2014)

Según la Corporación Autónoma Regional del Tolima (Cortolima), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible viene adelantando una estrategia dirigida a promover la gestión ambientalmente adecuada de los residuos posconsumo con el fin que sean sometidos a sistemas de gestión diferencial y evitar que la disposición final se realice de manera conjunta con los residuos de origen doméstico, regulados por la Resolución 1675 del 2 de diciembre de 2013. (Asopormas, 2016)

Para dar cumplimiento a dicho plan de acción deben tener y gestionar programas de recolección donde se den cumplimiento al plan de gestión y manejo de residuos peligrosos,



su posterior embalaje transporte y disposición final en centros de acopio que cuenten con los permisos establecidos, los cuales reúnen características como señalización preventiva y reglamentaria, cuenta con mecanismos de ventilación, iluminación y drenaje que faciliten la gestión de riesgos potenciales de incendio y derrames, disponen de información visible y documentación para el registro de los volúmenes de residuos recibidos, las campañas de recolección se promocionan en las regiones, en medios oficiales o reconocidos por los municipios, alcaldías o gobernaciones y por las empresas del sector.

Estas campañas generan un concepto de responsabilidad para los fabricantes e importadores de productos por que deben establecer canales de devolución de residuos pos consumo, a través de los cuales los consumidores puedan devolver dichos productos cuando estos se convierten en residuos. Este instrumento de gestión contiene un conjunto de reglas, acciones, procedimientos y medios dispuestos para facilitar la devolución y acopio de productos pos consumo que al desecharse se convierten en residuos o desechos peligrosos, con el fin de que sean enviados a instalaciones en las que se sujetarán a procesos que permitirán su aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final controlada (Peñarete, 2018)

8. Referente sectorial

En Colombia cada año se generan aproximadamente 1,2 millones de barriles de aceite usado (aceite de motor vehicular), de los cuales se ha calculado un potencial de recuperación cercano a los 420.000 barriles. Aproximadamente 540 BPD (barriles por día) son incorporados al mercado de los combustibles, particularmente en hornos y calderas de industrias medianas y pequeñas, como talleres de fundición, talleres de metalmecánica, pequeños chircales, textileras, siderúrgicas pequeñas, fábricas de confecciones y en el sector de servicios especialmente en las lavanderías. (Medina, 2014)

Los principales canales de distribución que se manejan en el área metropolitana son:

- Estaciones de servicios y servitecas 45%
- Distribuidores Autorizados y almacenes 55%



Se considera que de este 55% que poseen los Distribuidores Autorizados y almacenes un 20% se va directamente hacia las estaciones de servicio y servitecas. Por esta razón los porcentajes de participación en el mercado quedan de la siguiente manera:

- Estaciones de servicios y servitecas 65%
- Distribuidores Autorizados y almacenes 35%

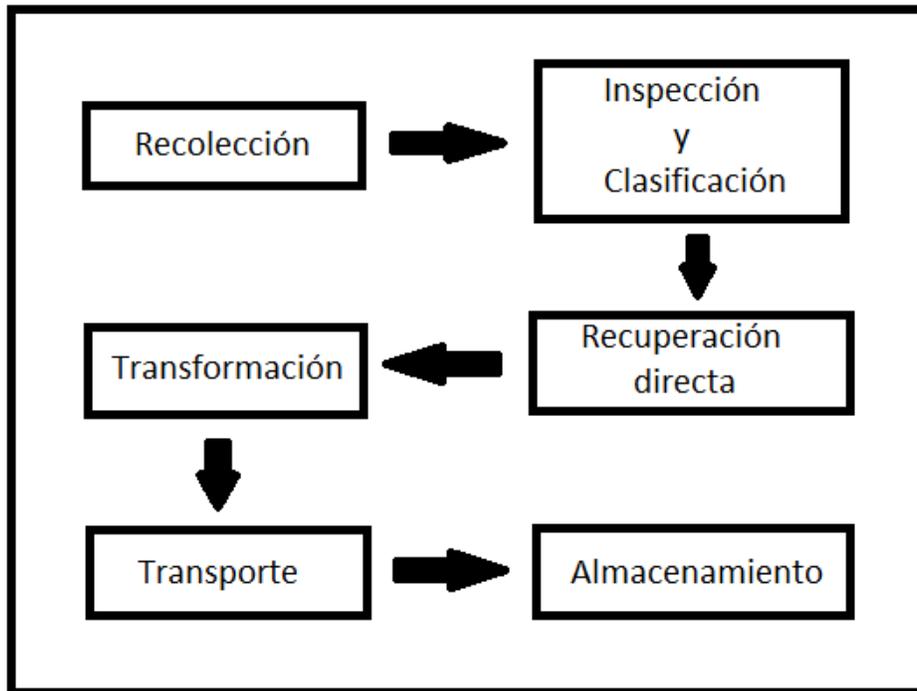
Por tal motivo, gran parte del aceite usado reposa en servitecas y en estaciones de servicio, lo restante se sitúa en lugares desconocidos. (Ideam, 2017)

9. Buenas prácticas

Una buena práctica no es tan sólo una práctica que se define buena en sí misma, sino que es una práctica que se ha demostrado que funciona bien y produce buenos resultados, y, por lo tanto, se recomienda como modelo. Se trata de una experiencia exitosa, que ha sido probada y validada, en un sentido amplio, que se ha repetido y que merece ser compartida con el fin de ser adoptada por el mayor número posible de personas. (agricultura, 2015)

Es necesario en primera instancia tener claro cuál es el proceso a estudiar para así mismo realizar un plan de acción eficiente para dicha área, es el caso los principales motivos que llevan a que se origine una buena práctica en la logística inversa son mediante un flujograma: motivos económicos, de marketing, legales, post-consumo o de protección de activos de la empresa. Después de recolectar el producto existen diferentes actividades según Girdhar, Dyckhoff y Langevin a realizar para transformar los productos recuperados, las cuales son: el reúso, la reventa o redistribución, el reprocesamiento, el reciclaje y como último recurso la eliminación. (Jimenez & Arias, 2014)

El proceso de la logística inversa está conformado por 6 actividades principales:



Fuente 2 Elaboración propia

Figura 2 Proceso logístico inverso

Una buena práctica de recolección debe ser replicada puesto que permite esta ser un modelo a seguir en el objetivo de la mejora continua.

10. Normatividad

Según la normatividad colombiana vigente, podemos encontrar que, en la cadena de recuperación de aceites usados automotriz de la ciudad de Ibagué, actores ya caracterizados para realizar dichos procesos y funciones específicas, según dichas normatividades ya que es un deber del estado velar por el buen manejo de todo tipo de recursos naturales y recursos que en su disposición final puedan llevar a un deterioro ambiental, social o físico. Según la resolución 1188 DE 2003 septiembre 1, DAMA, Bogotá D.C. “ Que de acuerdo con estudios técnicos adelantados por el Gobierno Nacional y siguiendo las últimas tendencias a nivel mundial, es necesario minimizar la generación de



residuos peligrosos, evitando que se produzcan o reducir sus características de peligrosidad; diseñar estrategias para estabilizar la generación de residuos peligrosos en industrias con procesos obsoletos y contaminantes; establecer políticas e implementar acciones para sustituir procesos de producción contaminantes por procesos limpios; inducir la innovación tecnológica o la transferencia de tecnología, reducir la cantidad de residuos peligrosos que deben ir a los sitios de disposición final mediante el aprovechamiento máximo de las materias primas, energía y recursos naturales utilizados; generar la capacidad técnica para el manejo y tratamiento de los residuos peligrosos que necesariamente se van a producir a pesar de los esfuerzos de minimización y disponer los residuos con el mínimo impacto ambiental y a la salud humana, tratándose previamente, así como a sus afluentes antes de ser liberados al ambiente.” también se observa que la normativa busca ver como una salida rentable, tanto ambiental como económicamente, Según la resolución 1188 DE 2003 septiembre 1, DAMA, Bogotá D.C. “debido a la magnitud del problema ocasionado por el manejo y disposición inadecuada de los aceites usados, contar con normatividad específica y con un manual de normas y procedimientos ampliamente divulgados y conocidos por los diferentes actores involucrados en su gestión, en virtud a que la implementación de planes y programas tendientes a lograr un apropiado manejo, recolección, transporte y aprovechamiento de este residuo, se traducirá en grandes beneficios económicos, energéticos, ambientales y sociales, por la liberación de energéticos tradicionales que pueden ser exportados, por la opción de una nueva alternativa de disposición, por la remoción de contaminantes especialmente los metales pesados y por la generación de un mercado formal que elimine su carácter de residuo peligroso, fomentando así la participación de los diferentes actores para su recuperación, acopio y tratamiento”.

Toda esta visión normativa tiene sus cimientos en normatividades ya aprobadas y expuestas en donde existen aspectos legales que se deben tener en cuenta para evitar infringir las leyes ambientales nacionales e internacionales. A continuación, se hace referencia de las leyes que se relacionan con la temática del aceite usado, el cual es clasificado como residuo peligroso en Colombia.

En el convenio de Basilea, realizado el 22 de marzo de 1989 y siendo adaptado en Colombia mediante la Ley 253, El congreso de Colombia (1989) expuso un caso que decía que, el



inadecuado manejo del aceite usado llega a genera consecuencias negativas hacia el medio ambiente y atenta contra la salud del ser humano “Los desechos peligrosos y otros desechos y sus movimientos transfronterizos pueden causar daños a la salud humana y al medio ambiente. Se debe reducir su generación al mínimo desde el punto de vista de la cantidad. Los estados deben tomar las medidas necesarias para que el manejo de los desechos peligrosos y otros desechos, incluyendo sus movimientos transfronterizos y su eliminación, sean compatibles con la protección de la salud humana y del medio ambiente”

Según el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, el aceite usado es un residuo peligroso nada beneficioso para la salud humana y del ambiente según la clasificación del gobierno nacional. Por tal razón, **el decreto 4741 de 2005** tiene como objetivo “Prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente”.

Por otra parte, la constitución política de Colombia estableció los requisitos y el procedimiento para el registro de generadores de residuos peligrosos, el cual está plasmado en **la resolución 1362 del 2 de agosto de 2007**, esta tiene como objetivo “Establecer los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, como instrumento de captura de información, con la finalidad de contar con información normalizada, homogénea y sistemática sobre la generación y manejo de residuos o desechos peligrosos originados por las diferentes actividades productivas y sectoriales del país” (ambiente, 2007)

Según **la resolución 415 de 1998**, cada generador debe tener conocimiento del uso final que se le da a el aceite usado llevando consigo un registro palpable del ciclo que este tiene después de su entrega. La resolución dice que “Toda persona natural o jurídica que generan aceite usado o los maneje, estará obligado a conocer la destinación última que se le esté dando a los volúmenes generados o manejados del mismo, bien sea que los venda, los ceda, los procese o ejecute cualquier otra actividad con ellos, y deberá llevar un registro que deberá contener como mínimo la siguiente información: Proveedor del aceite usado,



Origen del aceite usado, Volumen y proporción de aceite usado empleado en la mezcla, Tipo de combustible que se ha mezclado con el aceite usado". (Ambiente, 1998)

Que **el artículo 12 de la Ley 430 de 1998**, por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones, dispone en su artículo 12 que se permitirá impulsar la utilización de aceites lubricantes de desecho para la generación de energía eléctrica.

Que a través del **Decreto 321 del 17 de febrero de 1999**, se creó e implementó todo el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD) y el Plan Nacional de Contingencias contra derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas; a través de los cuales se crearon herramientas de coordinación interinstitucional entre las entidades de prevención y atención de desastres, las autoridades ambientales y el sector industrial.

Que con **las resoluciones 189 de 1994 y 415 de 1998**, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, reglamentó y desarrollo los principios contenidos en la Convención de Basilea, adoptando regulaciones para impedir la introducción al territorio de residuos peligrosos entre los que se cuentan los residuos tóxicos como los contenidos en los aceites usados y estableciendo los casos en los cuales se permite la combustión de los aceites de desecho y las condiciones técnicas para realizar la misma, clasificando tales aceites como residuos peligrosos de naturaleza especial.

Que **el Ministerio de Transporte, con Decreto No. 1609 del 31 de julio de 2002**, reglamentó el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera, en desarrollo del artículo 3 numeral 2 de la Ley 105 de 1993 estableciendo que "El Gobierno Nacional podrá establecer condiciones técnicas y de seguridad para la prestación del servicio y su control será responsabilidad de las autoridades de tránsito".

Que **el Decreto 1180 del 10 de mayo de 2003 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial**, el cual reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales establece en su artículo 9 que las Corporaciones Autónomas Regionales, las de Desarrollo Sostenible, los Grandes Centros Urbanos y las autoridades ambientales creadas mediante la Ley 768 de 2002, otorgarán o negarán la licencia ambiental para los proyectos, obras o actividades, que se ejecuten en el área de su jurisdicción y el numeral 9



la construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, recuperación y/o disposición final de residuos o desechos peligrosos requieren de Licencia Ambiental.

En la ciudad de Ibagué, el ente encargado en hacer que toda empresa pública o privada del Tolima cumpla con los deberes ambientales es CORTOLIMA. Esta es la máxima autoridad ambiental del departamento, a raíz de ello desarrolló un plan departamental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos en el área de jurisdicción de CORTOLIMA, el cual es la resolución 2164 del 25 de junio (CORTOLIMA., 2012) este consiste en:

- a. Implementar el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos en su jurisdicción, de conformidad con el acto administrativo que expida el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial sobre el registro de generadores.
- b. Reportar anualmente durante el mes de enero del año siguiente al IDEAM, la información recolectada a través del registro de generadores.
- c. Generar o divulgar información en el área de su jurisdicción sobre la cantidad, calidad, tipo y manejo de los residuos o desechos peligrosos, con base en la información recopilada en el registro de generadores.
- d. Formular e implementar en el área de su jurisdicción un plan para promover la gestión integral de residuos o desechos peligrosos, con énfasis en aquel/as estrategias o acciones que haya definido la Política como prioritarias. Lo anterior, independientemente de los planes de gestión que deben formular los generadores, fabricantes o importadores.
- e. Poner en conocimiento del público en general, el listado de receptores o instalaciones autorizadas para el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento y/o valorización y disposición final de residuos o desechos peligrosos en su jurisdicción.
- f. Incentivar programas dirigidos a la investigación para fomentar el cambio de procesos de producción contaminantes por procesos limpios; así mismo fomentar en el sector productivo la identificación de oportunidades y alternativas de producción más limpia que prevengan y reduzcan la generación de residuos o desechos peligrosos.
- g. Realizar actividades informativas, de sensibilización y educativas de tal manera que se promueva la gestión integral de residuos o desechos peligrosos en el área de su jurisdicción.



- h. Fomentar en el sector productivo el desarrollo de actividades y procedimientos de autogestión que coadyuven a un manejo integral de los residuos o desechos peligrosos.

11. Objeto de estudio

El objeto de estudio se determinó por todos los actores y flujos que caracterizan la cadena de recuperación de aceite usado cuando es retirado de los vehículos hasta su disposición final en la ciudad de Ibagué en cumplimiento con lo establecido en la legislación ambiental.

Se realizó una búsqueda en la ciudad de Ibagué de los puntos (servitecas o talleres locales) en donde se genera dicho residuo seleccionándolos por comunas.

Puntos de generación del residuo (organizado por comunas).

Tabla 2 Ubicación de las servitecas y talleres locales en Ibagué por comunas

Comunas	Serviteca
1	Serviteca talleres de reparación de automóviles
	Valvoline serviteca la 23
	Serviteca Bolívar limpia cars
3	Energiteca
	Ingeautos centro de servicio baterías
	Tecnicentro llantas 5ta avenida donde Vaca
	Cesar motos
	Autogama
	Central de lubricantes
	Rudbert motos
	Michelin, distribuidora sullantas s.a
	Centro de lubricación el rosal
	Lubriambala
6	Lava autos Mr. Samuel
8	Serviteca el paisa
9	Serviteca serviplus el papayo
10	Valvoline serviteca la 23
	Mecánica automotriz William & Steven
	Lubriautos Herbar
	Fullcars servicio automotriz s.a.s
	Ultre lubricantes la 26
12	Taller mi rey

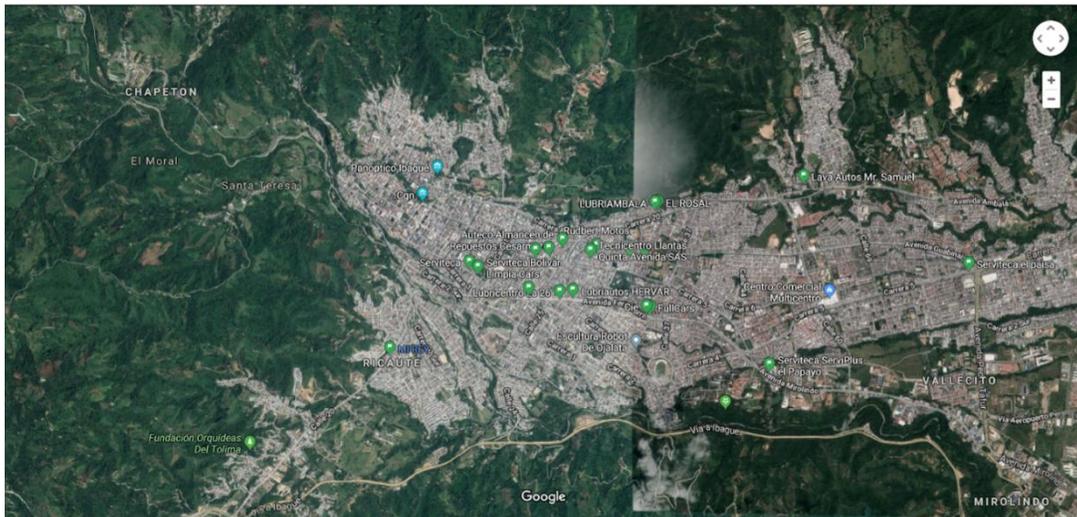
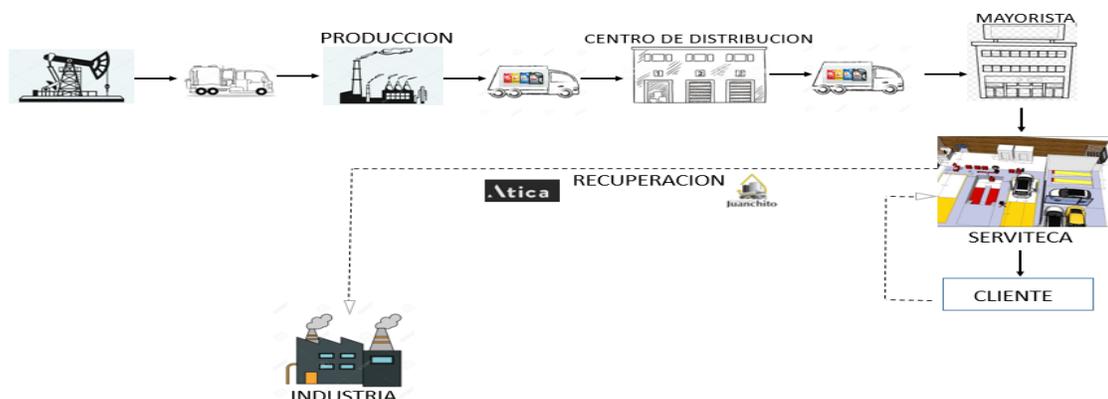


Ilustración 1 Ubicación de servitecas en la ciudad de Ibagué

11.1 Actores involucrados en la Cadena de Suministro

EL proceso inicia con la extracción del petróleo, esto se realiza mediante medidas de sismógrafos, estudio de microorganismos asociados a las rocas, capas terrestres y explosiones. Después, se realiza la perforación del suelo para bombear el petróleo y extraerlo (GTIC, 2018). Posteriormente, para la producción de los aceites automotrices, el petróleo es llevado a una refinería para ser sometido a un proceso petroquímico, mediante una serie de etapas como lo son: la separación, la filtración y la mezcla. Con lo anterior, se convierte en aceite para motor (lubricante). El producto terminado, es comercializado en envases de 4, 3.78 y 1 Lt; este es llevado a un almacenamiento en donde se dispone para su venta a los distintos mayoristas. Actualmente, en la ciudad de Ibagué, se cuenta con diferentes comercializadores que brindan diferentes marcas de aceites a servitecas y talleres locales. Algunas de las marcas que distribuidas en Ibagué son: Shell Helix, Mobil súper, Total, Texamatic, Supreme, Havoline, Ursa, Petrobras, Acdelco y Castrol.

Por otro lado, estos talleres al momento de brindar el servicio de cambio de aceite, generan un residuo (aceite quemado o sin aditivos), el cual es almacenado y guardado en tambores para que agentes recolectores como Combustibles Juanchito o Atica los recolectan para ser nuevamente integrados a la cadena. Donde, se les realiza un proceso de re-refinación generando un nuevo producto que puede ser utilizado como combustible de calderas, hornos e incinerados industriales este proceso fue ilustrado en la Figura 1.



Fuente 3 Elaboración propia

Ilustración 2 Diagrama de la cadena de suministro del proceso del aceite automotriz

11.2 Cantidades generadas

Las servitecas y talleres locales, tienden a almacenar los aceites usados en tambores. Esto, a razón de que garantizan la hermeticidad del envase gracias a que su construcción incluye el uso de compuestos sellantes inertes y un sistema de triple cierre para unir la tapa y el fondo al cuerpo del tambor, logrando generar una alta resistencia a las caídas. Estos vienen en dos medidas, de 208 litros (55 galones) (ver Figura 3) o excepcionalmente de 228 litros (60 galones). Se recomienda que cada tambor de 55 galones y los contenedores con capacidad superior a este, estén rotulados con las palabras “ACEITE USADO” en tamaño legible y estos deben tener el rótulo correspondiente a la Clase No. 9 “Sustancias Peligrosas Varias” (ver Figura 4). Las dimensiones mínimas del rótulo deben ser de 100 mm x 100 mm). (Calderón, López, Samper, Montes, & López, 2014)

Entonces, dependiendo de la demanda semanal, la serviteca o taller local generará una cantidad específica de residuos. Por ejemplo, en un taller muy demandado se tiende a recoger 2 tambores semanalmente, mientras que en uno que no, solo se recoge 1 tambor mensual.



Figura 3 Tambor de 55 galones.



Figura 4 . Etiqueta de clasificación de los tambores como sustancias peligrosas.

Para el trabajo de investigación, se visitaron en total 20 lugares que prestaban el servicio de cambio de aceite automotriz, los cuales estaban divididos en servitecas y talleres locales. Basados en la información obtenida en cada uno de ellos se realizaron los cálculos de recolección de aceite por cada una de las dos empresas (Atica y Combustibles Juanchito). En total, se recolectan 34,08 tambores al mes, los cuales se dividen así:

La compañía Combustibles Juanchito pasa por 13 servitecas o talleres locales y recolecta en promedio 17,83 tambores al mes. Mientras que, la compañía Atica solo pasa por 7 de ellos y recolecta en promedio 16,25 tambores por mes.

Puntos de generación del residuo (organizado por comunas) con sus respectivas cantidades generadas mensualmente y la empresa encargada de recolectar.



Tabla 3 Información recolectada

Comunas	Serviteca	N	Cantidad generada	Empresa recolectora
1	Serviteca talleres de reparación de automóviles	1	1 tambor / mes	Atica
	Serviteca Bolívar limpia cars	2	2 tambores / mes	Atica
3	Ingeautos centro de servicio baterías	1	1 Tambor / mes	Juanchito
	Tecnicentro llantas 5ta avenida donde Vaca	2	4 Tambores /mes	Juanchito
	Cesar motos	3	1 tambor / mes	Juanchito
	Autogama	4	1 Tambor /mes	Juanchito
	Central de lubricantes	5	2 Tambor / mes	Juanchito
	Rudbert motos	6	1 Tambor / mes	Juanchito
	Michelin, distribuidora sullantas s.a	7	2 tambor /mes	Juanchito
	Centro de lubricación el rosal	8	1 tambor/mes	Juanchito
	Lubriambala	3	5 tambores/mes	Atica
6	Lava autos Mr. Samuel	9	0,33 tambor /mes	Juanchito
8	Serviteca el paisa	10	0,5 Tambor / mes	Juanchito
9	Serviteca serviplus el papayo	4	0,25 Tambor / mes	Atica
10	Valvoline serviteca la 23	11	1 Tambor / mes	Juanchito
	Mecánica automotriz William & Steven	12	1 Tambor / mes	Juanchito
	Lubriautos Herbar	5	2 tambores / mes	Atica
	Fullcars servicio automotriz s.a.s	6	4 tambores / mes	Atica
	Ultre lubricantes la 26	7	2 tambores /mes	Atica
12	Taller mi rey	13	1 tambor / mes	Juanchito

Fuente 4 Elaboración propia



12. Ambientales

Los derrames de hidrocarburos de petróleo (Figuroa, Ramos, & Arias., 2012) “además de sus derivados son una de las principales fuentes de contaminación de suelos y aguas ya que ocasionan perturbaciones en los ecosistemas al afectar su estructura y bio-procesos”. El derrame de hidrocarburos de petróleo al suelo tiene impactos importantes en la actividad de los microorganismos, y afecta la funcionalidad del ecosistema.

Este tipo de contingencias ambientales originan efectos directos sobre la biota, ya que el petróleo contiene compuestos químicos tóxicos que producen daños a plantas, animales y humanos, pero principalmente sobre las poblaciones de microorganismos, los cuales representan parte importante del ecosistema y son claves para los procesos biogeoquímicos (Figuroa, Ramos, & Arias., 2012)

La estructura funcional de las comunidades microbianas ha sido ampliamente utilizada como indicador biológico, debido a la sensibilidad a los cambios y a su capacidad de proveer información que integre diversos factores ambientales (Figuroa, Ramos, & Arias., 2012)

De esta manera, la identificación de grupos funcionales en un determinado ecosistema permite hacer una evaluación precisa de sus propiedades, tales como capacidad de recuperación y regeneración, resistencia a cambios ambientales y potencial degradativo (Figuroa, Ramos, & Arias., 2012)

Cuando los seres humanos tengamos plena conciencia de que estamos afectando los servicios ambientales y el equilibrio dinámico de los ecosistemas comenzaremos a buscar alternativas más sofisticadas para remediar las áreas vulneradas (Chan-Quijano, y otros, 2015)

Sobre todo, a causa de la contaminación por derrames de hidrocarburos en los suelos, pues estos derrames son un factor de reducción de la sostenibilidad del ambiente (Chan-Quijano, y otros, 2015)

12.1 Efectos de los aceites en el agua

“Los hidrocarburos (HC) e hidrocarburos clorados son de interés, bajo la perspectiva ambiental, debido a la naturaleza tóxica que estos poseen y a su amplia distribución en los diversos compartimentos ambientales. (Bonert, Pinto, & Estrada, 2005)



Ambos contaminantes poseen cierta diferencia en cuanto a sus fuentes, modo de transporte y en la incorporación en el ecosistema acuático, sin embargo, esta diferencia es más cuantitativa que cualitativa. Por tal razón ambos tipos de compuestos orgánicos suelen estudiarse en forma conjunta (Bonert, Pinto, & Estrada, 2005)

En cuanto a las restricciones y/o prohibiciones en su uso a escala internacional, emprendida en la década del 70, dichos compuestos permanecen en el ambiente, presentando aún niveles de concentración considerables. Su amplia distribución, se debe principalmente al sistema de transporte global que los caracteriza. Este mecanismo depende del grado de volatilidad de, los cuales se elevan en las latitudes bajas, y se condensan en las latitudes intermedias y altas (Bonert, Pinto, & Estrada, 2005)

12.2 Efectos de los aceites en el suelo.

El suelo es un recurso natural de renovación muy lenta, contiene nutrimentos, minerales, compuestos orgánicos y organismos vivos, y posee la capacidad de soportar el crecimiento de las plantas. La contaminación del suelo por hidrocarburos es una problemática muy vasta, pues no solo repercute en el uso sustentable del suelo y el desarrollo urbano, sino que también tiene consecuencias en la salud de la población y, en la mayoría de los casos, en otros recursos naturales como el agua (Chan-Quijano, y otros, 2015)

12.3 Efectos de los aceites en el aire.

“La calidad del aire en una zona determinada, además de ser afectada por factores climáticos y geográficos, tiene una relación directa con el volumen de los contaminantes emitidos localmente a la atmósfera” (Zurrita, Badii, Guillen, Serrato, & Garnica, 2015)

Se entiende por contaminación atmosférica a la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables. El nombre de la contaminación atmosférica se aplica por lo general a las alteraciones que tienen efectos perniciosos en los seres vivos y



los elementos materiales, y no a otras alteraciones inocuas (Zurrita, Badii, Guillen, Serrato, & Garnica, 2015)

Los principales mecanismos de contaminación atmosférica son los procesos industriales que implican combustión, tanto en industrias como en automóviles y calefacciones residenciales, que generan dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre, entre otros contaminantes. Igualmente, algunas industrias emiten gases nocivos en sus procesos productivos, como cloro o hidrocarburos que no han realizado combustión completa (Zurrita, Badii, Guillen, Serrato, & Garnica, 2015)

13.Social

El aceite automotriz, al ser un líquido que cumple la función de lubricar y eliminar cualquier suciedad existente en la combustión del automotor, está expuesto a elementos químicos que destruyen el suelo en el que llegue a dispersarse volviéndolo infértil, alterando sus propiedades, defensas de las plantas y calidad. Es tanta su gravedad, que se toma como punto de referencia que un litro de aceite usado puede llegar a formar una mancha de 4000 m². (Tayan & Iván, 2018)

Además, si contamina una fuente de agua, a raíz de la diferencia de sus densidades, se crea una capa de aceite sobre esta que evita que ingrese el oxígeno, generando a través del tiempo el envenenamiento e infertilidad de los seres que la habitan y la ingieren (Tayan & Iván, 2018) Para este caso, (Telecomunicaciones, 2017) señala que, “una gota de aceite usado proveniente del cambio de un vehículo, contamina mil litros de agua, volviéndola inservible para el consumo humano, agua que podría satisfacer las necesidades de consumo de cinco personas durante un día”.

En adición, según (Enfermedades, 1997), indica que si un ser vivo inhala el aceite quemado puede causar problemas como tos, asfixia y ronqueras y en caso tal de que no se realice algún tratamiento puede transformarse en alguna enfermedad incurable en el sistema nervioso, cáncer de pulmón, entre otras enfermedades graves. Respecto a la ingesta del líquido contaminante puede presentar ciertas irritaciones en la zona de la boca, faringe y zona intestinal, puede generar malestar estomacal como vómitos, malestar intestinal,



dolores abdominales y flatulencias y generar cierto sarpullido al tener contacto directo sobre la piel.

El cuerpo humano se encuentra en un proceso constante de dinamismo y evolución como resultado de su interacción con el ambiente, donde el equilibrio entre órganos y funciones se modifica como consecuencia del cambio en el medio externo ocasionando la aparición de enfermedades relacionadas con factores físicos, químicos y biológicos. La salud de las personas depende de su capacidad de crear una relación armoniosa con el ambiente, por este motivo no solo se debe tener en cuenta el efecto que los agentes ambientales puedan generar sobre la salud sino también las acciones que el individuo realiza para mantener la integridad de estos ambientes naturales (Roa & Vargas, 2016).

La salud individual está claramente ligada a la salud de la comunidad y el entorno donde una persona vive, trabaja o se divierte. Los peligros ambientales de gran escala y alcance mundial que amenazan la salud humana comprenden el cambio climático, el agotamiento de la capa estratosférica de ozono, la pérdida de diversidad biológica, cambios en los sistemas hidrológicos y en las reservas de agua dulce, la degradación de la tierra y las presiones ejercidas sobre los sistemas de producción de alimentos (Roa & Vargas, 2016).

Para apreciar esta escala y el tipo de influencia en la salud humana se requiere una nueva perspectiva concentrada en los ecosistemas y reconocer que el fundamento de una buena salud en las poblaciones depende en gran parte de la estabilidad que puedan conservar los sistemas que mantienen la vida en la biosfera (Roa & Vargas, 2016)

14. Económico

El cambio de aceite según (Bonnaud, 2016) “se considera como un proceso indispensable para el buen funcionamiento de un vehículo, así como para su duración”. Con frecuencia, dentro de los gastos de mantenimiento habituales, esta prestación corresponde como mínimo a un 30 % del volumen de negocios de los mecánicos automovilísticos. Es decir, la parte principal de sus ingresos.



El cambio de aceite sirve para cambiar el aceite del motor, lo que, del mismo modo, permite mejorar lubricación. Al circular por el interior del motor, el aceite reduce la fricción entre las piezas metálicas móviles, lo que, a largo plazo, podría provocar su degradación y averiar el motor. Asimismo, esta lubricación ayuda a evacuar las impurezas que se encuentran en el motor, como partículas metálicas. Por último, el aceite protege el sistema frente a la corrosión y la oxidación. Es un elemento indispensable para mantener el motor en buen estado, así como su durabilidad (Bonnaud, 2016).

15. Valor agregado potencial

La recolección de un aceite sin aditivos, en otras palabras, después de ser utilizado por los diferentes motores, según, (Calderón, López, Samper, Montes, & López, 2014) pueden ser sometidos a una serie de operaciones unitarias como lo son:

15.1 Sedimentación

Este tratamiento físico se realiza por la acción de la gravedad principalmente en los tanques de almacenamiento de aceite usado y se desarrolla por la diferencia de densidades entre los diferentes componentes del aceite usado cómo son las partículas sólidas y los distintos fluidos que contiene el aceite, entre ellos el agua que no se encuentre formando emulsiones con el aceite, los solventes y el mismo aceite usado. Los sólidos y parte del agua se retiran por la parte inferior de los tanques para su tratamiento y disposición.

15.2 Calentamiento

Hace parte de los tratamientos preliminares que se le realizan al aceite usado, como su nombre lo indica, mediante calentamiento; se busca disminuir la viscosidad del aceite usado aumentando así mismo la fluidez del residuo y facilitando su paso por los diferentes equipos por los cuales se realizan los tratamientos primarios y secundarios del aceite usado.

15.3 Centrifugación

Por la acción de la fuerza centrífuga permite separar más eficientemente los sólidos contenidos en el aceite en comparación con otros procesos como la sedimentación. Los



sólidos retirados se disponen como residuo peligroso y el aceite puede seguir a un tratamiento posterior.

15.4 Demulsificación

Luego de que el aceite lubricante pierde los aditivos demulsificantes se forman emulsiones agua/aceite o aceite/agua que se presentan en el aceite usado. Se caracterizan por ser difíciles de romper con tratamientos preliminares y es por ello que se realiza un tratamiento primario, agregando demulsificantes que permitan romper las emulsiones y así retirar el agua que contiene el aceite usado. Generalmente estas sustancias se agregan antes de realizar un tratamiento en una centrífuga.

15.5 Filtración

En el proceso de filtración pueden intervenir uno o varios mecanismos de separación entre los que se cuenta la retención de las partículas presentes en el aceite usado, en una membrana que presenta huecos más pequeños que los sólidos del aceite usado.

15.6 Destilación flash

Se caracteriza por aprovechar la diferencia de volatilidad que presentan los diferentes compuestos contaminantes líquidos propios del aceite usado entre los que están el agua, los solventes e hidrocarburos ligeros, que necesitan ser retirados del aceite usado. Para ello se utilizan generalmente las unidades denominadas torres de destilación, en las que se eleva la temperatura del aceite alimentado hasta el momento en que vaporizan los componentes mencionados, los cuales se condensan, para hacer su respectiva disposición final.

15.7 Adsorción e intercambio iónico

Se utiliza para retirar principalmente los metales pesados y hacer del aceite tratado un producto para su aprovechamiento con mínimos riesgos para el ambiente y la salud de las personas cuando se utilice. La operación puede realizarse en una torre de adsorción, que funciona con el sólido adsorbente en el interior de la misma. El intercambio iónico se realiza mediante un sólido insoluble, el cual se caracteriza por remover iones de carga positiva o negativa agregando a su vez una carga similar o equivalente en el aceite usado.



Mediante su utilización se logran remover los metales pesados, generalmente haciendo intercambio con cationes monovalentes de sodio y potasio.

Esto con el fin de eliminar algunas sustancias que se han incorporado dentro de los mismos durante su uso, dentro de las cuales se encuentran: metales, humedad, sedimentos, productos de oxidación por efectos de las altas temperaturas, entre otros.

Con el proceso anteriormente mencionado se recupera el valor permanente o el poder calorífico de los componentes de estos aceites usados y, además, con ello se pueden generar nuevas materias primas para la realización de nuevos productos; como lo son los lubricantes. De esta manera se podrá continuar la cadena, y así se le dará un valor agregado a estos desechos y un nuevo aire al medio ambiente. Para ello se debe contar con el apoyo desde los proveedores del aceite nuevo hasta los administradores de las servitecas y talleres locales.

Por otra parte, según la información obtenida de la compañía Combustibles Juanchito, su valor potencial agregado se basa en cumplir con las necesidades expuestas por los clientes y consumidores. Dicha empresa, posee la capacidad de diseñar combustibles industriales a la medida, es decir, que estén enfocados técnicamente a la clase de equipos que cada cliente posea, como lo son los hornos, calderas, y quemadores industriales. Esto con el fin de cumplir con los requisitos técnicos de cada uno de los equipos, optimizando las condiciones operativas y de mantenimiento (Triana, Valencia, Angulo, & Murcia, 2015)

Esta compañía genera dos tipos de combustibles para sus consumidores los cuales son: Por una parte el MCJ 1 (API 15), el cual es un combustible natural que por sus propias características de alto poder calorífico, bajo contenido de azufre, vanadatos y metales, es ideal para uso en calderas y en hornos industriales y, por otra parte, el MJC 2 (API 20), el cual es un combustible natural que por sus características propias de alto poder calorífico, bajo contenido de azufre, vanadatos, y, de metales, es ideal para uso en calderas (en especial las piro-tubulares) y hornos industriales. Estos combustibles cumplen con todos los requisitos para la preservación del medio ambiente, expresado en la resolución 909 de



2008, donde se dictan los límites permisibles en cuanto a la emisión de gases a la atmósfera. (Triana, Valencia, Angulo, & Murcia, 2015)

Por otro lado, el valor agregado potencial para la compañía Atica, es mayor al de la compañía de Combustibles Juanchito, ya que está procesa aceites usados con la última tecnología para obtener sustitutos de combustibles industriales aprovechables como materia prima para procesos productivos, los cuales se pueden utilizar en hornos, calderas e incineradores industriales (Atica., 2019). Los servicios que brinda es la mezcla de aceite a la medida, es decir, mezcla de derivados del aceite usado con la mejor relación costo beneficio, y un sustituto derivado del aceite usado, el cual es ideal para utilizar en sistemas de combustión que cuentan con precalentamiento de combustibles.

Además, Atica se considera como la solución en tratamiento de aceite usado en Colombia mediante el proceso de refinación. Esta empresa se encarga de la manipulación de más de 190 mil toneladas de residuos aprovechables, con el fin de generar más de 6 millones de galones de sustitutos de combustibles, el equivalente a energético de 20 millones de metros cúbicos de gas natural. (CONtextogadero, 2018)

16. Diagnóstico del proceso de recolección

Las compañías Combustibles Juanchito y Atica son las encargadas del proceso de recolección del aceite usado en la ciudad de Ibagué. Atica ofrece servicios de gestión, logística, procesamiento y disposición final de residuos industriales, tiene ubicada su sede principal en el municipio de Mosquera, Cundinamarca, donde cuenta con dos plantas. Además, esta posee otras sedes en ciudades como Cali, Barranquilla, Cartagena, Medellín y Bucaramanga. Por su parte, la compañía Combustibles Juanchito, se encuentra localizada en las afueras de la ciudad de Cali, Valle del Cauca, donde se dedica específicamente al manejo de residuos peligrosos asociados a los hidrocarburos y a la comercialización de combustibles.

Para realizar el proceso de recolección y transporte de los residuos, ambas empresas hacen envío de un vehículo con el fin de recoger en las diferentes servitecas o talleres mecánicos los aceites usados que se recolectaron en un determinado tiempo. Los vehículos utilizados con este propósito son camiones cisterna (Figura 5) o carro-tanques (Figura 6), los cuales deben cumplir con los requerimientos técnicos y de seguridad estipulados en el



decreto 1609 de 2002, en el que se indican los parámetros para el transporte de fluidos peligrosos en carretera, entre los que se encuentra que, estos vehículos cuenten con rótulos fijos con información del material transportado; mínimo dos extintores de incendios multipropósito, linterna, botiquín, entre otros elementos básicos para la atención de emergencias; así como se establece el cumplimiento de la debida capacitación de los conductores que realizan estas actividades (Pública, 2002)



Figura 5 Camión Cisterna



Figura 6 Camión Carro-tanque utilizado para la recolección del aceite.

Respecto al caso específico del proceso de recolección realizado por Combustibles Juanchito. en la ciudad de Ibagué, se investigó que este opera de manera que un camión



carro-tanque recorre los diferentes puntos de generación de aceite usado en la ciudad de Ibagué en distintos momentos hasta completar su capacidad, posterior a esto solicita el servicio de un camión cisterna, el cual recoge esta cantidad y continúa con su recorrido para la recolección de estos residuos en los diferentes municipios de los departamentos del Tolima y del Huila, para luego ser llevados a la ciudad de Cali donde se realiza el proceso de re-refinación (Juanchito, 2019).

En cuanto al proceso realizado por Atica se conoce que, esta empresa envía sus camiones carro-tanque desde la ciudad de Bogotá con una frecuencia entre dos y tres veces por semana para realizar la recolección del aceite usado a sus respectivos clientes en Ibagué, luego los camiones se devuelven junto con los residuos hasta Bogotá, de donde se recolectan con las cantidades generadas en otras ciudades o municipios y son trasladadas hasta la ciudad de Cartagena para su respectivo tratamiento (Atica., 2019).

17. Propuesta de mejora

Para comenzar, cabe resaltar que el análisis de mejora se hizo con base en la huella de carbono generada en el proceso de recolección de los vehículos, para lo cual se diseñaron rutas basadas en el método de ahorros de Clarke & Wright, con el fin de identificar las rutas óptimas con las cuales se obtuvieran las mínimas distancias y con esto el mínimo consumo de combustible para el logro del objetivo (disminuir la huella de carbono) con base en una recolección de una vez por mes.

Para lo anteriormente mencionado, en primer lugar, se calcularon las distancias entre todos los puntos generadores de manera matricial (Ver Tabla 4 y Tabla 5) por separado para cada una de las empresas recolectoras, tomando como punto de partida y llegada para la ruta de Combustibles Juanchito el Canton Militar Jaime Rooke y para Atica la estación de terpel EDS San Marino. A partir de esto, con base en los ahorros (Ver Anexo 1) se construyeron las respectivas rutas (Ver Tabla 6 y Tabla 7), teniendo en cuenta las limitaciones de capacidad de los camiones recolectores de cada una de las empresas (combustibles Juanchito 770 galones y Atica 1500 galones) y las cantidades generadas de cada punto (Ver Tabla 10).



Tabla 4 Distancias puntos generadores vinculados a Atica

	P	2	3	4	5	6	7	8
EDS terpel San Marino	P	7,3	6,9	5,7	4,4	5,7	5,3	5,9
Serviteca	2	7,7	0,11	2,9	4,4	1,5	2,3	1,3
Serviteca Bolivar	3	7,5	0,75	2,8	3,7	1,4	2,2	1,2
Lubriambala	4	5,9	2,9	2,5	2,7	1,8	1,9	1,5
Serviplus el papayo	5	3,5	5,5	5,3	4,1	4	3,7	4,1
Lubriautos herbar	6	5,9	1,6	1,4	1,9	2,4	0,9	0,24
Fullcars	7	5	2,7	2,5	1,7	1,5	1,1	1,2
Ultrek	8	6	1,5	1,3	2,3	2,5	0,21	1

Fuente Elaboración Propia

Tabla 5 Distancias puntos generadores vinculados a Combustibles Juanchito.

	P	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Partida (Canton Militar Jaime Rooke)	P	3,9	4,9	4,2	4,3	5,2	4,7	5	5,8	8,5	8,6	3,5	4,8	0,7
Ingeautos centro de servicio baterías	2	4	0,65	0,85	0,6	1,5	1,3	1,3	2,1	4,7	1,1	1,1	1,5	3,9
Tecnicentro llantas 5ta avenida donde Vaca	3	4,6	0,65	0,85	0,35	0,7	0,16	0,55	1,6	4,5	2	1,6	1,3	4,6
Cesar motos	4	4,2	0,85	0,85	0,5	1,1	0,6	1	1,6	4,1	1,9	1,4	1,7	4,5
Autogama	5	4,3	0,85	1,1	1,1	1,3	0,8	1,2	1,9	4,6	1,6	1,4	1,8	4,3
Central de lubricantes	6	5,2	1,8	0,65	0,95	1	0,5	0,15	0,8	3,8	2,5	2,4	1,4	5,1
Rudbert motos	7	4,7	1,6	0,25	0,7	0,5	0,5	0,35	1,2	4,3	2	1,6	1,1	4,6
Michelin, distribuidora sullantas s.a	8	5	1,6	0,5	0,8	0,85	0,15	0,35	1,1	3,9	2,4	2,2	1,2	5
Centro de lubricación el rosal	9	5	1,9	1,2	0,75	1,3	1,2	1	1,1	3,2	2,6	2,1	1,9	5,2
Lava autos Mr. Samuel	10	7	3,5	3	2,4	3	2,4	2,9	2,5	1,7	4,3	3,8	3,5	7,8
Serviteca el paisa	11	8,8	0,75	1,7	1,7	1,2	1,9	1,4	1,8	2,5	5,2	1,2	2	3,4
Valvoline serviteca la 23	12	3,6	1,2	1,3	1,8	1,3	1,6	1,5	1,5	2,7	5,3	1,6	1,3	4
Mecánica automotriz William & Steven	13	5,2	1,9	2	1,8	2	1,3	1,4	1,5	1,7	4,2	2,6	2,1	5,3
Taller mi rey	14	1,3	3,3	4,2	4,2	3,8	4,5	4	4,3	5,1	6,9	3	2,8	4,1

Fuente Elaboración propia

Tabla 6 Propuesto de Ruteo para Combustibles Juanchito

Ruta 1				
1-4-5-7-3-9-10-11-6-8-13-1		Tambores	Galones	Eficiencia Vehículo
Distancia	23,3 km	13,83	760,65	98,79%
Ruta 2				
1-12-2-14-1		Tambores	Galones	Eficiencia Vehículo
Distancia	9,9 km	3	165	21,43%

Fuente Elaboración propia



Tabla 7 Propuesto de Ruteo para Atica

Ruta					
1-5-7-6-8-2-3-4-1			Tambores	Galones	Eficiencia Vehículo
Distancia	19,75	km	16,25	893,75	59,58%

Fuente Elaboración propia

Así pues, con base en la información tomada de (Telematics, 2019) acerca del consumo promedio de gasolina por km y de las distancias recorridas en cada ruta, se calcularon los consumos de gasolina en cada una de estas (Ver Tabla 8 y Tabla 9).

Tabla 8 Consumo de galones por el total de km recorridos por cada ruta de Combustibles Juanchito.

RUTA 1	Consumo de gasolina/Km	0,09	galones/km	2,097
RUTA 2	Consumo de gasolina/Km	0,09	galones/km	0,891

Fuente Elaboración propia

Tabla 9 Consumo de galones por el total de km recorridos por la ruta de Atica.

Consumo de gasolina/Km	0,09	galones/km	1,7775
------------------------	------	------------	--------

Fuente Elaboración propia

De esta manera, teniendo en cuenta el consumo de Gasolina se calculó la huella de carbono generada por cada una de las rutas (Ver Tabla 10) a través de la calculadora de *Concentra*.



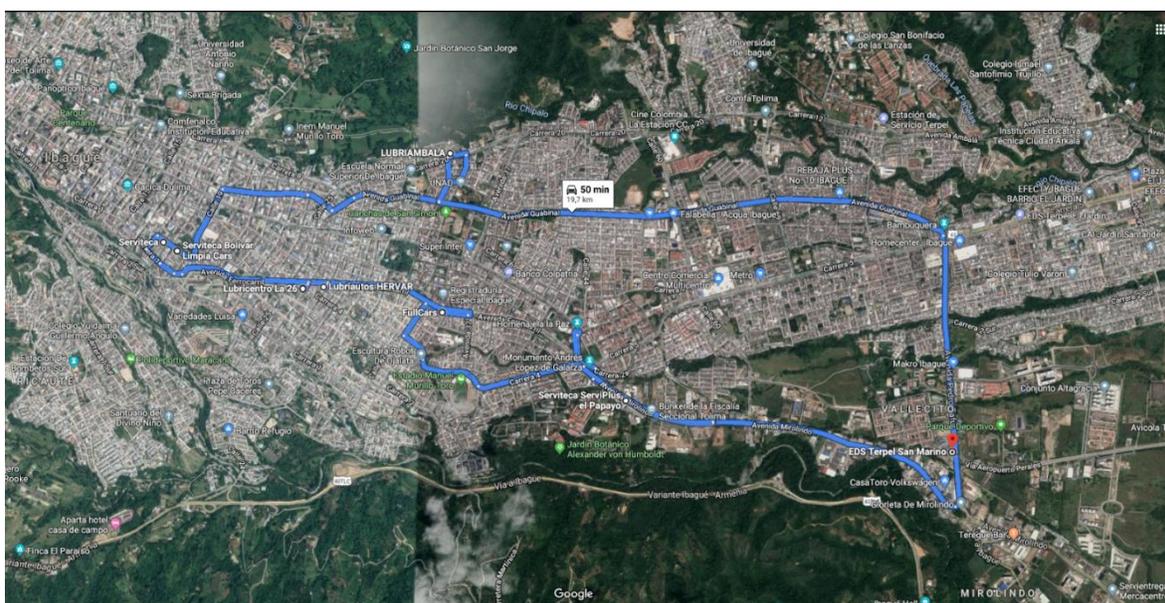
Tabla 10 Consumo de galones por el total de km recorridos por la ruta de Atica.

RUTAS	Emisiones (Kg CO2)
Ruta 1 Combustibles Juanchitos	17,62
Ruta 2 Combustibles Juanchitos	8,81
Ruta Atica	17,62
TOTAL	44,05

Fuente Elaboración propia

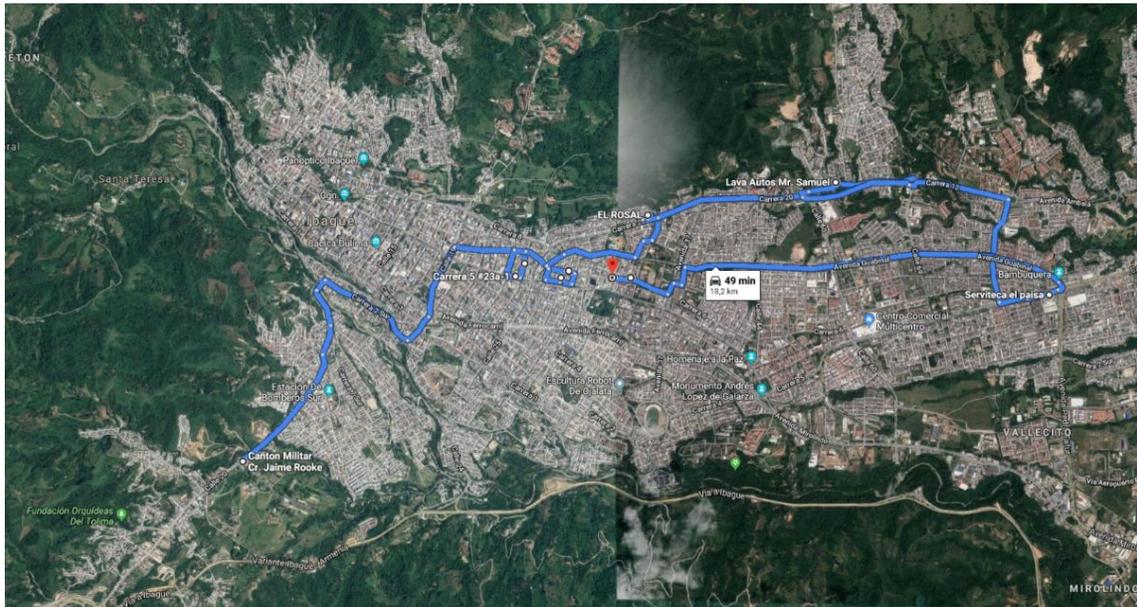
Además, se analizó que tomando como base esta huella de carbono generada, es mínima en comparación con la generada en la recolección real, partiendo de que es mayor la cantidad de puntos generadores y que no se sigue una ruta identificada estratégicamente como la propuesta en el presente trabajo.

Por otra parte, con el fin de mostrar de manera ilustrada las rutas propuestas para cada empresa recolectora, se realizaron las rutas a través de la herramienta Google Maps, tal y como se muestra en la Figura 7, Figura 8 y Figura 9.



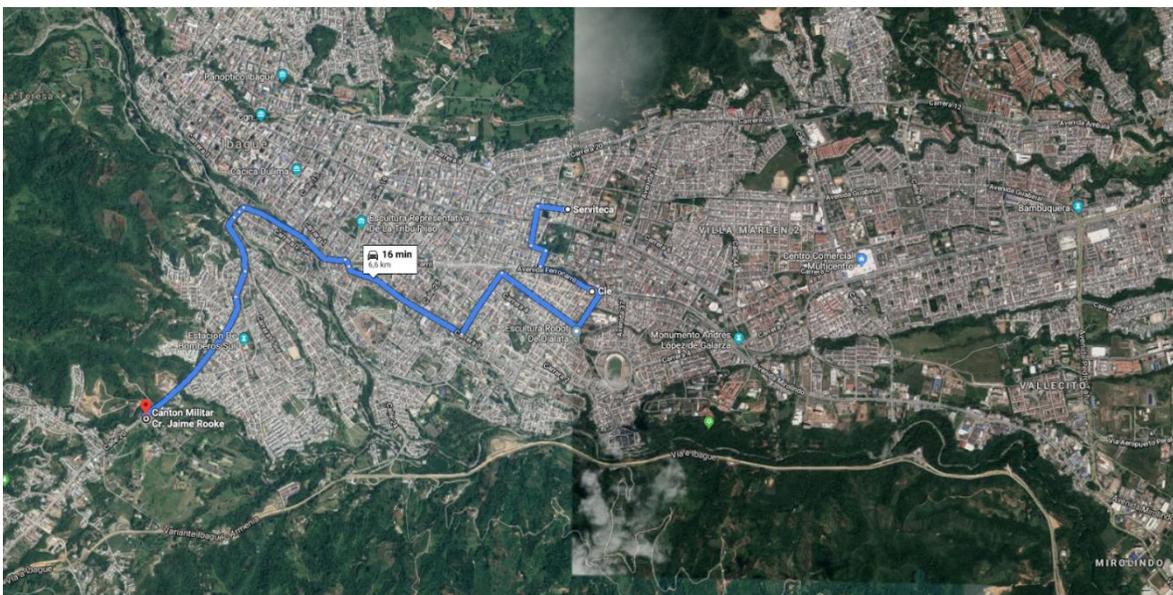
Fuente Elaboración propia

Figura 7 Ruta propuesta Atica



Fuente Elaboración propia

Figura 8 Ruta 1 propuesta Combustibles Juanchito



Fuente Elaboración propia

Figura 9 Continuación ruta 1 Combustibles Juanchito



18. Limitaciones

Durante el desarrollo de la presente investigación se plantearon escenarios de rutas de mínimo recorrido con base en los puntos de recolección del aceite usado automotriz en la ciudad de Ibagué, calculando sus huellas de carbono y estableciendo datos bases para la comparación de las emisiones generadas en el sistema real. Lo anterior, da pie a la identificación de las rutas óptimas que abarquen todos los puntos generadores, logrando de esta manera una cadena de suministro inversa más amigable con el planeta para cada una de las empresas. Cabe mencionar que, los datos obtenidos acerca de la huella de carbono carecen de cierta precisión, puesto que la calculadora de huella de carbono utilizada sólo permitió ingresar la cantidad de galones consumidos por los camiones transportadores en valores enteros.

Por otra parte, la principal limitación se encontró en los datos obtenidos por parte de las servitecas y los talleres locales, ya que al momento de realizar la recolección de datos las personas que trabajan en estos lugares contaban con poca o nula información con respecto al qué se hace con los aceites después de su recolección. Además, se sugiere que las empresas recolectoras brinden capacitaciones en las diferentes servitecas o talleres locales sobre la forma correcta de recolectar los aceites con el fin de evitar derrames. Finalmente, se resalta que para lograr una gestión óptima de estos residuos, es importante que todos los actores involucrados en la cadena de suministro tengan conocimiento acerca del proceso y su disposición final, para que estos no lleguen a manos de recolectores ilegales.

19. Conclusiones

1. Como se puede observar según los datos obtenidos por el trabajo de campo realizado y las diversas fuentes bibliográficas y electrónicas, se concluye que de los actores que intervienen en la cadena de suministro inversa, funcionan bajo el control, la veeduría y vigilancia del ente de control regional, según la normatividad vigente, para nuestro caso específico sería CORTOLIMA, es por esto que se considera que dichos actores estarían realizando un manejo óptimo de los residuos



contaminantes, debido a que presentan un seguimiento constante de la entidad, Ver Ilustración 3, Anexo 3.

2. Se puede concluir que en la cadena de recuperación de aceites usados intervienen dos actores principales que son Juanchito y Atica. Estas empresas logran la recolección de 16,83 tambores/mes y 16,25 tambores/mes respectivamente, lo cual equivale a 1819.4 Galones/mes en la ciudad de Ibagué.
3. Al realizar un análisis general de los datos obtenidos, se puede concluir, que existe un ente de control en el Tolima (CORTOLIMA) el cual es reconocido por el 80% de las servitecas de la ciudad de Ibagué y este resultado nos lleva a concluir que se están realizando visitas periódicas en los establecimientos para el buen manejo y recolección de residuos. Las servitecas reciben un pago económico por tambor recolectado y esto hace que dichas empresas se encarguen de recolectar los residuos para su posterior disposición a las empresas recolectoras, por último logramos interpretar que la mejor manera de realizar una mejora que impacte en todos los frentes, cultural, ambiental y social es realizar un nuevo ruteo en la ciudad de Ibagué para las empresas recolectoras, y con esto podremos optimizar el uso de tiempos de tránsito y contaminación ambiental generada por dicho proceso.

20. Recomendaciones

Se recomienda realizar un manual de buenas prácticas de manejo para el aceite automotriz usado en la ciudad de Ibagué.

Se recomienda realizar campañas de concientización ambiental y social de la problemática generada por el derrame y mal manejo de aceites usados.

Se recomienda caracterizar la cadena de suministro inversa de los tarros utilizados para almacenar el aceite lubricante nuevo, este no es vaciado en su totalidad por tal motivo contienen residuos de aceite que puedan ser contaminantes posteriormente.



Se recomienda caracterizar la cadena de suministro inversa de los filtros utilizados por los automotores, debido a que este no es vaciado en su totalidad por tal motivo contienen residuos de aceite que puedan ser contaminantes posteriormente.

21. Referencias

- A, A. (2006). Larvicidal effects of various essential oils against Aedes, Anopheles, and Culex larvae (Diptera, Culicidae). Epub.
- agricultura. (Julio de 2015). Plantilla de buenas practicas. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-as547s.pdf>
- Alshamsi, & Diabat. (2015). A reverse logistics network design. Journal of Manufacturing.
- Ambiente, M. d. (13 de Mayo de 1998). RESOLUCIÓN NÚMERO 415 DE 1998 .
- ambiente, M. d. (2007). RESOLUCIÓN 1362 DEL 2 DE AGOSTO DE 2007.
- Asopormas, A. P. (2016). PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS O DESECHOS PELIGROSOS EN EL ÁREA DE JURISDICCIÓN DE CORTOLIMA PARA EL PERIODO 2016-2019. Ibagué.
- Atica. (2019). Refinación de aceites usados, Colombia. (A. I. transforma, Ed.) Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=sWBO4nZkM10>
- Bonert, C., Pinto, L., & Estrada, R. (2005). CUANTIFICACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS (HIDROCARBUROS E HIDROCARBUROS CLORADOS) EN MUESTRAS DE AGUA Y SEDIMENTOS, EN TORNO A LA ISLA DE PASCUA. Ciencia y Tecnología del Mar.
- Bonnaud, A. (2 de Febrero de 2016). Nitifilter. Obtenido de <https://nitifilter.com/es/el-cambio-de-aceite-para-que-sirve/>
- Calderón, J. M., López, G. V., Samper, P. V., Montes, F. J., & López, A. (2014). Manual técnico para el manejo de Aceites lubricantes usados de origen automotor e industrial.
- Chan, & Jain. (2012). A framework of reverse logistics for the automobile industry.



-
- Chan-Quijano, J. G., Sánchez, A. J., Gaona, S. O., Zurimendi, P. M., Jiménez, L. N., & Vázquez, A. L. (2015). *Directrices para la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos. Teoría y Praxis.*
- Chopra, Meindl, P., & Sunil. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro Estrategia Planeación.* Mexico: Pearson Prentice Hall.
- CONAMA. (2007). *Gestión de Residuos Peligrosos en Chile.* Santiago de Chile, Chile: Proyecto CONAMA/ GTZ.
- CONtextoganadero. (14 de Junio de 2018). Empresa colombiana produce más de 190 mil toneladas de residuos aprovechables. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/empresa-colombiana-produce-mas-de-190-mil-toneladas-de-residuos-aprovechables>
- CORTOLIMA. (2012). la resolución 2164 del 25 de junio. *la resolución 2164 del 25 de junio.* Ibagué.
- Enfermedades. (1997). Resumen de salud publica hexacloroetano.
- EPA. (1997). Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) Laws and Regulations. Obtenido de <https://rcrapublic.epa.gov/rcraonline/>
- Ferri, L., Chaves, D., & Mattos. (2015). *everse logistics network for municipal solid waste management: The inclusion of waste pickers as a Brazilian legal.*
- Figueroa, A., Ramos, J., & Arias. (2012). Efecto de la contaminación por hidrocarburos sobre algunas propiedades químicas y microbiológicas. *Biagro.*
- Gardas, B., Raut, R. D., & Narkhede, B. E. (2018). *Modeling the Drivers of Post-Harvest Losses –MCDM approach.*
- Gonzales, Álvarez, J, S., & Diaz, A. (2010). Barriers to the implementation of environmentally oriented reverse logistics: Evidence from the automotive industry sector. *. British Journal of Management,.*
- Gruat La Forme, B. G. (2007). *A framework to analyse collaborative performance . Comput Ind.*
- GTIC. (12 de Septiembre de 2018). *¿Cómo se extrae el petróleo del subsuelo? ¿Cómo se extrae el petróleo del subsuelo?* Mexico: Gobierno de Mexico. Obtenido de <https://www.imp.mx/petroleo/ninos/?imp=3>
- Ideam. (2017). *Informe nacional de residuos o desechos.* Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021246/marcoTeorico.pdf>



-
- Jimenez, J. C., & Arias, J. A. (2014). IMPLEMENTACION DEL METODO DEL AHORRO PARA RESOLVER EL VRP. Pereira, Colombia. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/bf8b/dabb743a69cea83d418788559a6e1a514264.pdf>
- Juanchito, C. (2019). Combustibles Juanchito. Obtenido de https://combustiblesjuanchito.com/quienes-somos/%20https://prezi.com/qt3jqt_qe2if/combustibles-juanchito/
- Mahalakshmi, B. V. (27 de Marzo de 2015). Automakers should ensure proper disposal of used oil: Anant Bhargava. IFP Petro Products Ltd—The Financial Express. Obtenido de <https://www.financialexpress.com/industry/sme/automakers-should-ensure-proper-disposal-of-used-oil-anant-bhargava-ifp-petro-products-ltd/57756/>
- Medina, O. L. (2014). EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN INTEGRAL DEL. Bogotá: Guarracuco.
- Minambiente. (26 de Enero de 2016). Política ambiental para la gestión integral de residuos peligrosos. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/sustancias-quimicas-y-residuos-peligrosos#informaci%C3%B3n-de-inter%C3%A9s>
- Morales, V. R. (2011). La protección del medio ambiente y la salud, un desafío. En E. N. Pública. La Habana, Cuba.
- Newbert. (2007). *EMPIRICAL RESEARCH ON THE RESOURCE-BASED VIEW OF THE FIRM: AN ASSESSMENT AND SUGGESTIONS FOR FUTURE RESEARCH*. Obtenido de Academy of Management Journal: <https://doi.org/10.1002/smj>
- Peñarete, J. G. (2018). Formulación y evaluación de un proyecto de inversión para la implementación de un modelo de disposición y recolección de material PET posconsumo en la ciudad de Bogotá, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Pública, G. N. (2002). Decreto 1609 de 2002. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6101>
- Ramezani, M., Bashiri, M., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2018). A new multi-objective stochastic model for a forward/reverse logistic network design with responsiveness and quality level. Teherán, Irán: ELSEVIER.
- Roa, L. A., & Vargas, B. P. (2016). La Salud del ser humano y su Armonía con el Ambiente. Revista Med.



-
- Rosero, A., & Gaibor, Q. (Mayo de 2019). Deontología aplicada al manejo adecuado de líquidos automotrices usados en la ciudad de Ibarra y su impacto ambiental. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/05/deontologia-liquidos-automotrices.html>
- RUNT. (30 de Junio de 2019). Obtenido de www.runt.com.co
- Sostenible, M. d. (2014). *MANUAL TÉCNICO PARA EL MANEJO DE ACEITES*. Obtenido de <https://acp.com.co/web2017/es/informes-estadistico-de-taladros/manuales/276-manual-tecnico-para-el-manejo-de-aceites-usados/file>
- Tayan, B., & Iván, J. (2018). Diagnóstico de la contaminación ambiental causada por aceites usados provenientes del sector automotor y planteamiento de soluciones viables para el GAD de Ibarra.
- Telecomunicaciones, E. P. (2017). Programa de recolección y disposición de aceites usados. Obtenido de <https://www.etapa.net.ec/Informaci%C3%B3n/Gesti%C3%B3n-ambiental/Gesti%C3%B3n-de-desechos-y-calidad-ambiental/Programa-de-recolecti%C3%B3n-y-disposici%C3%B3n-de-aceites-usados>
- Telematics, T. (19 de Enero de 2019). ¿Conoces el consumo de diésel de un camión por km? Obtenido de https://www.webfleet.com/es_es/webfleet/blog/conoces-el-consumo-de-diesel-de-un-camion-por-km/
- Tierra, C. d. (2000). *Carta de la Tierra*. Holanda: The Earth Charter International.
- Travieso, D. M. (1999). Science, Technology and Environmental Health. En E. y. Instituto Nacional de Higiene. La Habana, Cuba.
- Triana, A., Valencia, L. D., Angulo, A., & Murcia, O. (20 de Noviembre de 2015). Combustible Juanchito. Obtenido de https://prezi.com/qt3jqt_qe2if/combustibles-juanchito/
- Vale-Capdevila, R. M., SILVA, R. M., & Gotario, M. R. (2016). Environmental impact assessment in a production of oils and lubricating fats. La Habana, Cuba.
- Wolpert, S., & Reuter, C. (2012). Status Quo of City Logistics in Scientific Literature. *Status Quo of City Logistics in Scientific Literature*. Obtenido de <https://doi.org/10.3141/2269-13>
- Ye, F., Zhao, Prahinski, C., & Li, Y. (2013). The impact of institutional pressures, top managers' posture and reverse logistics on performance. *International Journal of Production Economics*. China: Evidence from China.



Zurrita, A., Badii, M., Guillen, A., Serrato, O. L., & Garnica, J. A. (2015). actores Causantes de Degradación Ambiental. International Journal of Good Conscience.

Anexo 1.

Tabla 11 Método de ahorros de Clarke & Wright.

68	10,05	410	8,6	29	7,6	124	5,9
86	10,05	613	8,6	54	7,4	1114	5,9
610	9,9	65	8,5	52	7,35	1410	2,3
96	9,8	75	8,5	82	7,3	143	1,4
105	9,8	64	8,45	27	7,3	146	1,4
1013	9,8	85	8,45	413	7,3	147	1,4
89	9,7	49	8,4	513	7,3	148	1,4
98	9,7	713	8,4	62	7,3	149	1,4
810	9,6	313	8,4	24	7,25	1412	1,4
93	9,5	84	8,4	42	7,25	1413	1,4
97	9,5	46	8,3	912	7,2	1014	1,4
63	9,45	47	8,3	134	7,2	914	1,3
37	9,44	138	8,3	213	7,2	142	1,3
36	9,4	34	8,25	123	7,1	145	1,2
67	9,4	43	8,25	126	7,1	314	1
76	9,4	510	8,2	135	7,1	614	0,8
83	9,4	74	8,2	1213	7	714	0,8
73	9,35	48	8,2	72	7	514	0,7
38	9,35	56	8,2	128	7	814	0,7
78	9,35	57	8,2	312	6,8	144	0,7
87	9,35	59	8,2	132	6,8	214	0,7
79	9,3	1012	8,2	1210	6,7	414	0,4
94	9,25	23	8,15	127	6,7	1214	0,2
1310	9,1	32	8,15	129	6,6	1314	0,2
39	9,1	58	8,1	712	6,6		
310	8,9	53	8,1	125	6,5		
102	8,9	137	8,1	512	6,4		
139	8,9	45	8	212	6,3		
710	8,9	92	7,8	412	6,3		
35	8,85	210	7,7	812	6,3		
95	8,8	133	7,7	612	6,3		
913	8,7	28	7,6	1411	6,3		
136	8,7	25	7,6	1312	6,2		
813	8,6	26	7,6	122	6,2		

Fuente: Elaboración propia





Tabla 12 Ahorros calculados a partir del método de ahorros de Clarke & Wright.

AHORROS ORDENADOS		AHORROS ORDENADOS	
23	14,09	1011	12,8
32	13,45	109	12,6
28	11,9	1110	11,9
82	11,7	116	11,9
38	11,6	117	11,9
26	11,5	119	11,9
83	11,5	113	11,8
62	11,4	911	11,8
86	11,39	118	11,8
68	11,36	112	11,75
36	11,2	115	11,7
63	11,2	311	11,5
27	10,3	211	11,4
87	10,2	1113	11,4
43	10,1	611	11,3
48	10,1	711	11,3
24	10,1	511	11,3
42	10,1	106	11,3
67	10,1	811	11,2
37	10	910	11,1
78	10	114	11,1
76	9,9	108	11
72	9,9	411	10,9
34	9,8	1112	10,9
73	9,7	1311	10,8
46	9,6	1211	10,5
64	9,5	103	10,4
74	9,3	104	10,3
84	9,3	107	10,3
47	9,1	69	10,2
75	8,2		
85	7,8		
65	7,7		
35	7,6		
45	7,4		
25	7,3		
58	6,2		
52	6,2		
56	6,1		
54	6		
53	6		
57	6		

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 2-Preguntas de encuesta

Esta encuesta se manejó de manera virtual por medio de la plataforma formularios de google, el link de la encuesta fue dirigido directamente a los representantes de las servitecas legalmente constituidas en la ciudad de Ibagué.

1. *¿Se realiza en el establecimiento la recolección de aceites usados de automotores?*
2. *¿Sabe usted cómo manejar los desechos producidos por los cambios de aceites usados de automotores de su negocio?*
3. *¿Cree usted que los desechos que produce el cambio de aceites usados de automotores está afectando la contaminación ambiental del sector?*
4. *¿Conoce cuáles son las autoridades que regulan la recolección de aceites usados automotrices en las servitecas de la ciudad de Ibagué?*
5. *¿Conoce usted es el destino final de los desechos?*
6. *¿Conoce las cantidades recolectadas de aceites usados de automotores en su establecimiento?*
7. *¿Que empresa recolectora realiza la recolección de los aceites usados de automotores?*
8. *¿ Cada cuanto se realiza la recolección del aceite usado automotor por parte de la empresa encargada?*
9. *¿Cuanta remuneración económica recibe por la entrega del aceite usado de automotores a las empresas recolectoras?*
10. *¿Conoce la cadena de suministro y recuperación del aceite automotor ?*



Anexo 2-Resultado de lo encuestado.

¿Se realiza en el establecimiento la recolección de aceites usados de automotores?
20 respuestas

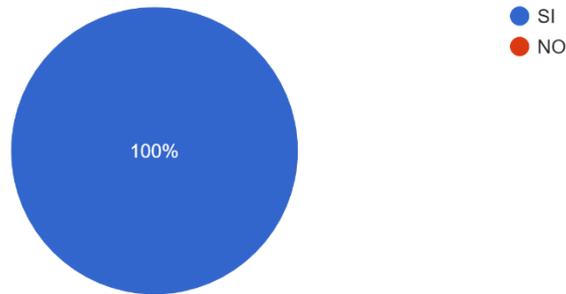


Ilustración 3 Recolección de aceites en establecimiento

¿Sabe usted cómo manejar los desechos producidos por los cambios de aceites usados de automotores de su negocio?
20 respuestas

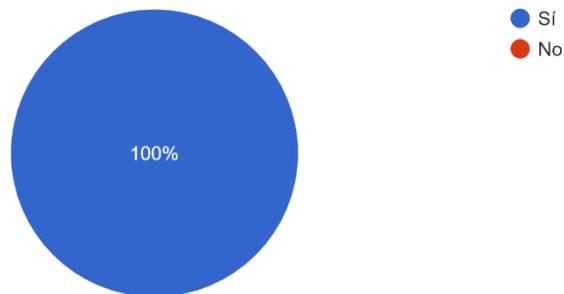


Ilustración 4 Manejo de desechos producidos en el negocio



¿Cree usted que los desechos que produce el cambio de aceites usados de automotores está afectando la contaminación ambiental del sector?

20 respuestas

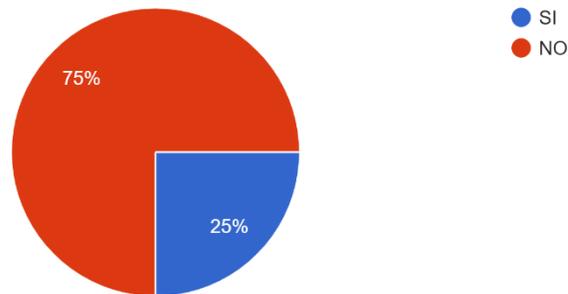


Ilustración 5 Afecta el aceite usado el ambiente

¿Conoce cuáles son las autoridades que regulan la recolección de aceites usados automotrices en las servitecas de la ciudad de Ibagué?

20 respuestas

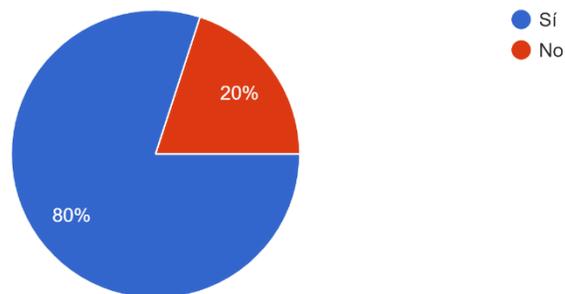


Ilustración 6 Autoridades que regulan



¿Conoce usted es el destino final de los desechos?

20 respuestas

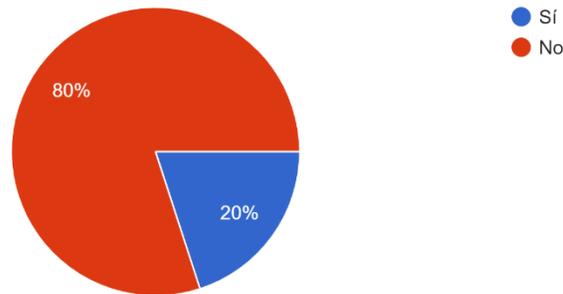


Ilustración 7 Destino final

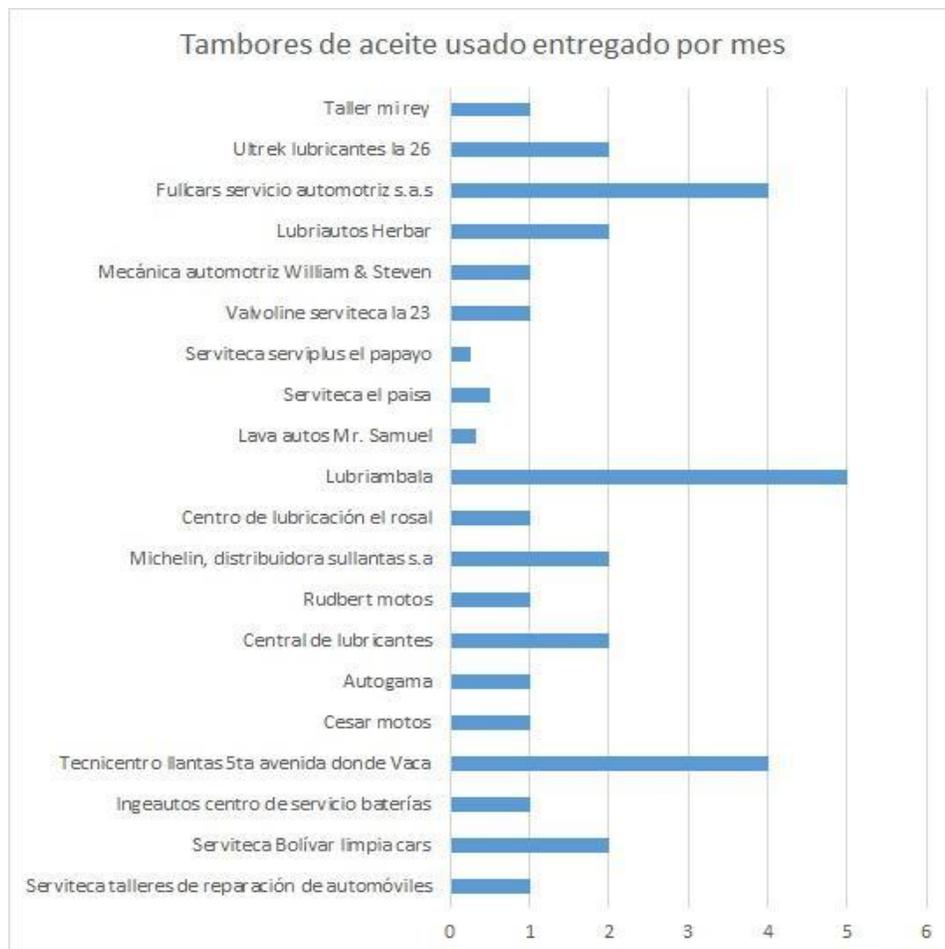


Ilustración 8 Cantidad de tambores recolectados



¿Que empresa recolectora realiza la recolección de los aceites usados de automotores?

20 respuestas

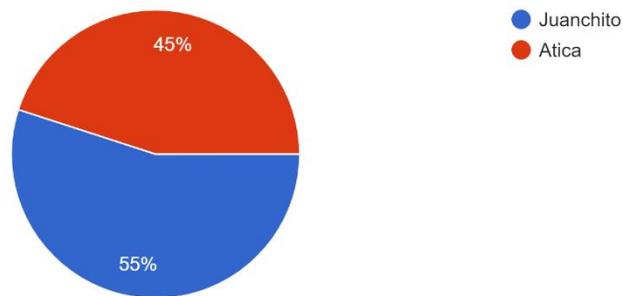


Ilustración 9 Empresa recolectora

¿ Cada cuanto se realiza la recolección del aceite usado automotor por parte de la empresa encargada?

20 respuestas

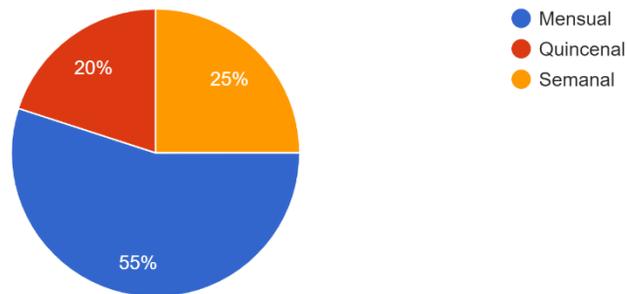


Ilustración 10 Tiempos de recolección



¿Cuanta remuneración económica recibe por la entrega del aceite usado de automotores a las empresas recolectoras?

20 respuestas

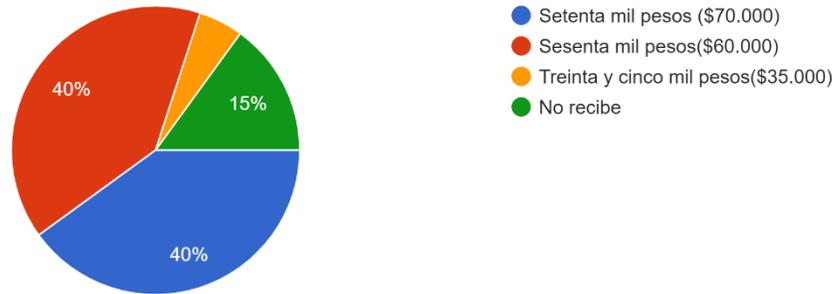


Ilustración 11 Remuneración económica

¿Conoce la cadena de suministro y recuperación del aceite automotor ?

20 respuestas

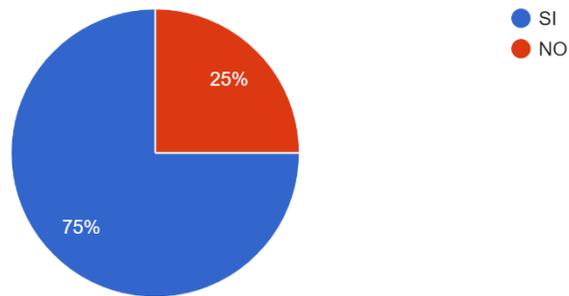


Ilustración 12 conocimiento de la cadena