



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**ÁREA:
PROYECTOS NUEVOS**

TEMA:

“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO Y LAS METAS AMBIENTALES DEL ECUADOR PARA LA APLICACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EMPRESAS DEL SECTOR MANUFACTURA, C.I.I.U. C-22 - FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE CAUCHO Y PLÁSTICO”

**AUTOR:
GUARNIZO SALAZAR YURI MARYBEL**

**DIRECTOR DEL TRABAJO:
Dr. C. JOSE ENRIQUE OBANDO MONTENEGRO,**

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2022

Índice General

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

Capítulo I

Diseño de la Investigación

N°	Descripción	Pág.
1.1.	Antecedentes de la investigación.	4
1.2.	Problema de investigación	5
1.2.1.	Planteamiento del problema.	5
1.2.1.1.	Árbol del problema.	6
1.2.1.2.	Árbol de la solución.	7
1.2.2.	Formulación del problema de investigación.	7
1.2.3.	Sistematización del problema de investigación.	7
1.3.	Justificación de la investigación.	7
1.4.	Objetivos de la investigación.	8
1.4.1.	Objetivo general.	8
1.4.2.	Objetivos específicos.	8
1.5.	Marco Teórico.	9
1.5.1.	Marco Referencial	9
1.5.2.	Marco conceptual.	14
1.5.3.	Marco legal.	18
1.6.	Aspectos metodológicos de la investigación.	19
1.6.1.	Tipo de estudio.	19
1.6.2.	Método de investigación.	19
1.6.3.	Fuentes y técnicas para la recolección de información.	20
1.6.4.	Tratamiento de la información.	20
1.6.5.	Resultados e impactos esperados.	20

Capítulo II

Análisis, Presentación de Resultados y Diagnóstico

N°	Descripción	Pág.
2.1.	Análisis de la Situación Actual.	22
2.1.1.	Clasificación de la materia prima.	22
2.1.2.	Análisis del ciclo de vida de los productos de plástico y caucho.	23
2.2.	Análisis comparativo, evolución, tendencias y perspectivas.	26
2.2.1.	Caracterización del sector.	26
2.2.2.	Empresa objeto de estudio.	30
2.2.3.	Clasificación del sector C-22 de fabricación de productos de plástico.	33
2.2.3.1.	Clasificación del tamaño de las empresas por región.	34
2.2.3.2.	Desechos típicos de subsector fabricación de productos de plástico.	35
2.2.4.	Clasificación del subsector C-22 de fabricación de productos de caucho.	36
2.2.4.1.	Clasificación del tamaño de las empresas por región.	36
2.2.4.2.	Desechos típicos del subsector fabricación de productos de caucho.	37
2.2.5.	Estimación de los desechos generados en el sector C-22.	38
2.3.	Presentación de resultados y diagnósticos.	40
2.3.1.	Presentación de resultados en la fabricación de productos de plástico en la zona 8.	40
2.3.2.	Presentación de resultados en la fabricación de productos de caucho en la zona 8.	40
2.3.3.	Presentación de resultados en el sector C-22.	41
2.3.4.	Cumplimiento de las metas ambientales en el Ecuador.	42
2.3.5.	Convenios ambientales internacionales ratificado por Ecuador.	42
2.3.6.	Huella de carbón el sector de plástico y caucho.	43
2.3.6.	Aplicación de la norma de responsabilidad social.	49
2.3.7.	Industrias sostenibles del sector C-22	52

2.3.8.	Economía Circular en el sector C-22.	52
--------	--------------------------------------	----

Capítulo III

Diseño de la Propuesta, Conclusiones y Recomendaciones

N°	Descripción	Pág.
3.1.	Diseño de la propuesta.	54
3.1.1.	Objetivo de la propuesta	54
3.1.2.	Caracterización de los desechos del sector C-22.	54
3.1.3.	Propuestas de tecnologías para el tratamiento de desechos del sector C-22.	54
3.2.	Conclusiones y Recomendaciones.	59
3.1.1.	Conclusiones.	59
3.1.2.	Recomendaciones	60
	Anexos	68
	Bibliografía	86

Índice de Tablas

N°	Descripción	Pág.
1.	Desechos generados en la producción de productos de poliéster.	25
2.	Clasificación Industrial Internacional Uniforme.	26
3.	Empresas del Sector Manufacturero C.I.I.U C-22.	28
4.	Desechos peligrosos de una empresa de productos plásticos.	32
5.	Empresas de fabricación de productos de plástico.	34
6.	Empresas de fabricación de productos de caucho.	36
7.	Desechos típicos de la fabricación de productos de plásticos en KT.	39
8.	Desechos típicos de la fabricación de productos de caucho en KT.	39
9.	Desechos típicos del sector C-22 en la zona 8.	41
10.	Cálculo de la Huella de Carbono a nivel nacional.	44
11.	Cálculo de la Huella de Carbono de la zona 8.	47
13.	Valor actual neto.	56
14.	Tasa Interna de Retorno.	57

Índice de Figuras

N°	Descripción	Pág.
1.	Clasificación de la materia prima.	22
2.	Total de empresas por tamaño.	28
3.	Clasificación de Empresas del Sector C-22 por Provincia.	29
4.	Total de Empresas en la zona 8.	29
5.	Diagrama de flujo de proceso.	30
6.	Diagrama de flujo de la empresa FLEXIFILM.	31
7.	Total de empresa manufactureras de plástico por tamaño.	34
8.	Empresas de fabricación de productos de plástico por provincia.	35
9.	Total de empresas manufactureras de productos de caucho por tamaño.	36
10.	Empresas de fabricación de productos de caucho.	37
11.	Total de empresas manufactureras de plástico en la zona 8.	40
12.	Total de empresas manufactureras de caucho en la zona 8. ¡Error! Marcador no definido.	
13.	Planta Plastikgas. Información tomada de Plastics Technology	55
14.	Informe de la utilización de gránulos de caucho en Bogotá.	58

Índice de Anexos

N°	Descripción	Pág.
1.	Listado del sector manufacturero C-22 "Fabricación de productos de plástico y caucho".	¡Error! Marcador no definido.
2.	Listado de empresas del sector C-22 "Fabricación de productos de plástico y caucho" de la zona 8.	¡Error! Marcador no definido.
3.	Tratados ratificados del Ecuador.	¡Error! Marcador no definido.
4.	Encuesta sobre la capacidad instalada para el procesamiento de los desechos.	¡Error! Marcador no definido.
5.	Encuestas de percepción de desechos de la población sobre el procesamiento de desechos.	¡Error! Marcador no definido.

Capítulo I

Diseño de la Investigación

1.1. Antecedentes de la investigación.

Con el desarrollo industrial que se dio a mitad del siglo XVIII, en el que se modificó la manera de producir y consumir, dejando aún lado que la economía dependa del sistema productivo como la agricultura a uno más eficaz y eficiente, el industrial.

La industrialización logro un desarrollo económico lineal muy rápido, esto gracias a la globalización, el desarrollo tecnológico, el uso del carbón y equipos que redujeron el tiempo que llevaba concluir el trabajo a la mano de obra. Debido al crecimiento de las industrias a nivel mundial la secretaria de Naciones Unidas creó una forma de ordenar por categorías y subcategorías las industrias por su actividad económica, el código CIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme), es un código alfanumérico que nos permite ver de una manera más ordenada a los sectores de manufactura.

La industrialización es un sector muy importante para cada nación debido a que esta ayuda principalmente a la economía de la misma, pero es un sistema de economía lineal que lo largo de los años contamina y perjudica al medio ambiente debido a la acumulación de desechos. Actualmente muchos países se están enfocando en la sostenibilidad, solo en Ecuador según datos recopilados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEN), expone que, durante el 2014 se recolectaron, 11.203,24 toneladas diarias de residuos sólidos. Siendo la Costa, la región con la mayor cantidad de residuos ya que registró 6.229,92 toneladas diarias. En el país, el 39% de los municipios disponen sus residuos sólidos en rellenos sanitarios, el 26% en botaderos controlados, el 23% en botaderos a cielo abierto y el 12% en celdas emergentes(Censos, 2015).

Estas cifras nos dan una idea más clara de la necesidad de un cambio hacia una economía circular que supone una modificación radical en los sistemas de producción y consumo actuales. Esto evitará la creación de residuos e impactos negativos derivados de los procesos de manufactura, mitigando las externalidades negativas para el medioambiente, el clima y la salud humana (Morocho, 2018).

Es por eso que la ingeniería industrial se encuentra interesada en investigar el comportamiento de las empresas que pertenezcan al sistema productivo del Ecuador con

respecto al medio ambiente de tal manera se pretende cumplir con los objetivos de desarrollo sustentable, dando valor agregado a las industrias evitando la generación de residuos mediante un desarrollo sostenible en la producción y el consumo, brindando bienestar a las generaciones actuales y futuras.

1.2. Problema de investigación

1.2.1. Planteamiento del problema.

Debido al alto grado de contaminación que existe actualmente en el planeta dado por el desarrollo de las actividades humanas, industriales y la búsqueda por satisfacer las necesidades, entendiéndose como resultado los impactos y daños que causan los desechos al ambiente, a esto se debe sumar que el modelo económico de las empresas que son la base de cada nación principalmente las manufactureras solo tienden a producir y comercializar sus productos, una vez que estos cumplen con su vida útil son desechados al ambiente.

El modelo económico lineal que consiste en extraer, fabricar, comprar, usar y desechar ha llevado al mundo al límite de su capacidad física, se agotan los recursos naturales, pierden valor los ecosistemas y tardan en regenerarse, la tierra nos obliga a cambiar a un nuevo modelo sostenible de producción y consumo, es decir una disposición que ayude tanto a la supervivencia de los ecosistemas, como al de las futuras generaciones (WWF, 2018).

El crecimiento poblacional que se estima para el año 2030 es que aumente a tres billones de consumidores en el mundo, significando un índice importante dentro de la demanda de energía y recursos para satisfacer las distintas necesidades. Para combatir esto es de vital importancia alterar el modelo lineal por uno donde el producto una vez que haya concluido su ciclo de vida, este no pierdan su valor, es decir, que puedan ser utilizado en todo momento (Mata Salas, 2019).

La economía circular es un modelo que se enfoca en la reutilización, reciclaje y reducción del uso de los recursos al momento de la transformación de los mismo, es decir es un modelo económico que se basa en la producción sostenible, protegiendo al medio ambiente y reduciendo la contaminación.

Siendo Ecuador un país que no cuenta con un programa adecuado para la recolección de los desechos, ni las empresas nacionales tienen un manejo adecuado del ciclo de vida de sus productos, además de no existir estadísticas de los residuos que genera cada sector manufacturero, ni la responsabilidad social de la mayoría de empresas respecto al manejo del ciclo de vida de los productos con respecto al medio ambiente, siendo el sector manufacturero C-22- fabricación de productos de plástico y caucho uno de los mayores

potenciadores de la crisis ambiental, de ahí el interés de investigar, estimar los desechos, y analizar la aplicación de un modelo económico de producción sustentable.

1.2.1.1. Árbol del problema. En el Ecuador no existen estadísticas de los desechos que provocan las industrias manufactureras del subsector productivo C-22 Fabricación de productos de plástico y caucho que ayuden cuantificar y establecer metas que ayuden a reducir el impacto ambiental.

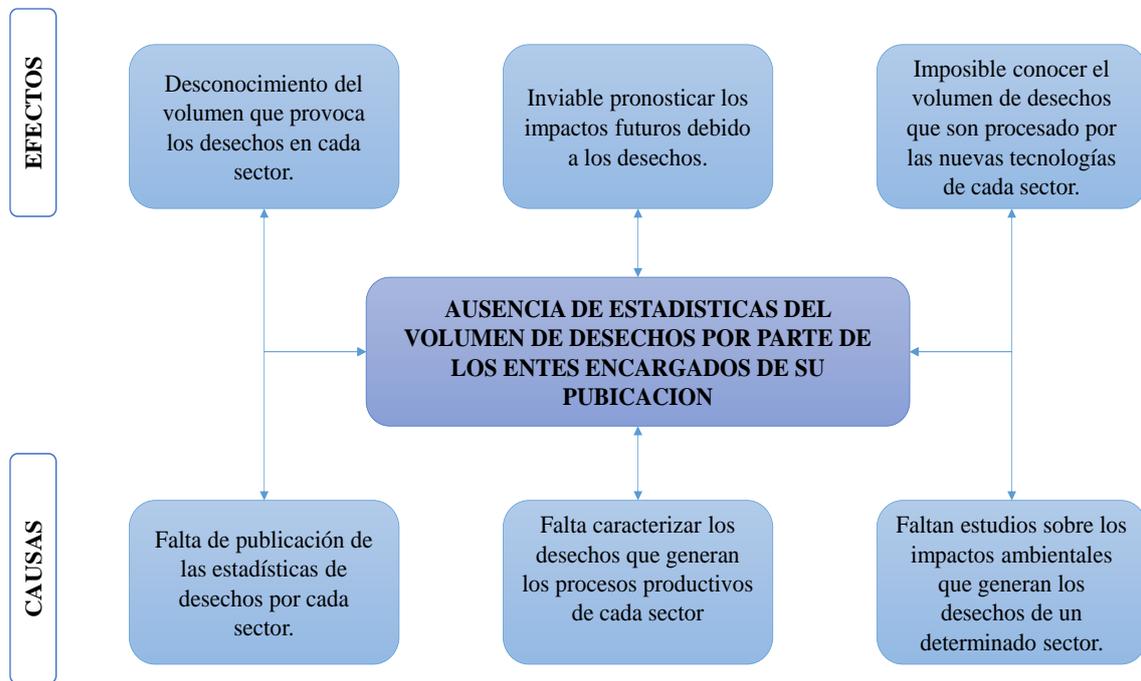


Figura 1. Árbol del problema. Elaborado por la autora.

1.2.1.2 Árbol de la solución. En el presente árbol de la solución se menciona los recursos empleados y los posibles resultados para el sector C-22 Fabricación de productos de plástico y caucho, además de los beneficios que tendría cuantificar los desechos para la aplicación de nuevas tecnologías.

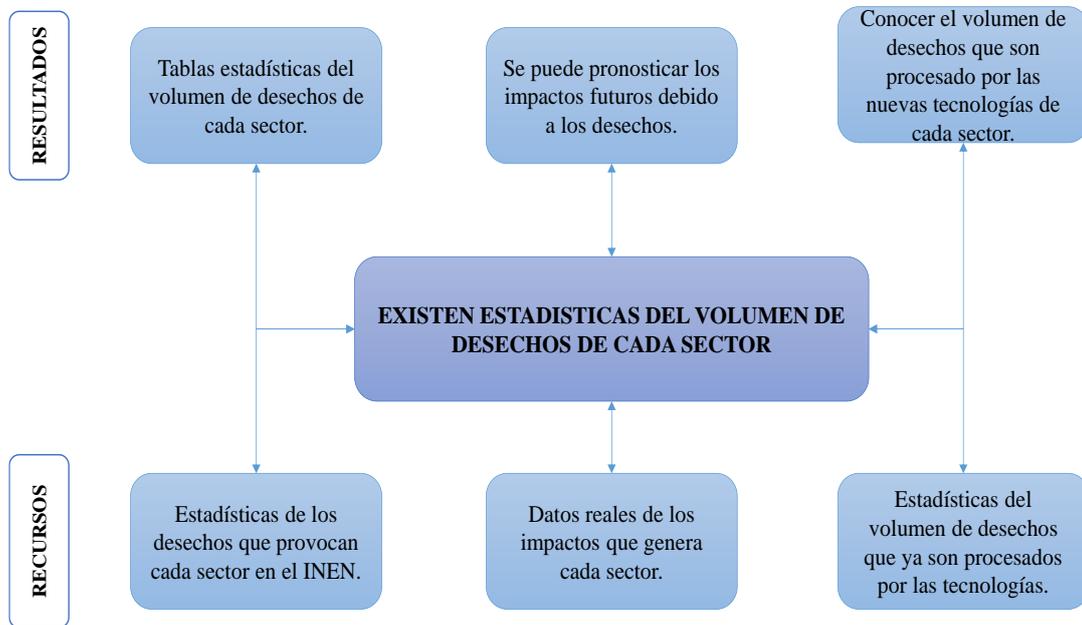


Figura 2. Árbol de la solución. Elaborado por la autora.

1.2.2. Formulación del problema de investigación.

¿Cómo pueden ayudar la estimación de las estadísticas recopiladas de los desechos provocados por las actividades productivas del sector manufacturero C-22- fabricación de productos a base de plástico y caucho del código CIIU a la aplicación de la economía circular?

1.2.3. Sistematización del problema de investigación.

El problema de investigación se puede resumir mediante las siguientes preguntas:

¿Se logrará recopilar información necesaria para estimar el volumen de los desechos provocados por el sector Fabricación de productos a base plástico y caucho del código CIIU C-22?

¿Las estadísticas ayudarán a la aplicación de la economía circular en el sector manufacturero C-22?

¿Con la aplicación de las tecnologías se podrá contribuir al desarrollo sostenible de las empresas manufactureras del sector C-22?

1.3. Justificación de la investigación.

El presente proyecto de titulación se justifica en base a varios factores:

Debido a la ausencia de información de las cantidades de desechos que genera el sector de fabricación de productos de plástico y caucho en el país, los datos serán recopilados de diferentes fuentes, para estimar el volumen de desechos que genera el sector, estos a su vez serán una herramienta indispensable para apoyar a todos aquellos que necesiten indagar en tema.

Además, este dato estimado del volumen de desechos generados por el sector ayudará a cambiar el enfoque de la economía línea hacia la circular, como un nuevo modelo para el sector manufacturero de productos a base de plástico y caucho, garantizando la optimización de los recursos, reducción en el consumo de materias primas y el aprovechamiento de los residuos, alargando el ciclo de vida de los productos y creando un equilibrio sostenible con el medio ambiente.

Las estadísticas también juegan un papel importante en el nivel de cumplimiento de la legislación ambiental por parte de las industrias manufactureras en el sector fabricación de productos de plástico y caucho, ya sean estas grandes, pymes y micros.

Es de interés para la ingeniería industrial investigar el volumen de desechos del sector de productos a base de plástico y caucho, ya que estos son pioneros de la crisis ambiental que se vive en la actualidad en el país, además de que es posible recopilar la información necesaria para realizar un análisis minucioso del volumen estimado de desechos e identificar el tipo de tecnología que se puede aplicar en base al cumplimiento de las buenas prácticas y manejo de los residuos.

1.4. Objetivos de la investigación.

1.4.1. Objetivo general.

Analizar el impacto ambiental que genera el comportamiento del ciclo de vida de los productos del sector manufacturero C-22- fabricación de productos de plástico y caucho del código CIU, estimando el volumen de desechos que genera, mediante la recopilación e interpretación de los datos con la finalidad de impulsar la economía circular para el desarrollo de la producción sostenible.

1.4.2. Objetivos específicos.

El presente proyecto de investigación tiene como objetivos específicos:

- Describir el impacto ambiental que genera el comportamiento del ciclo de vida de los productos de sector C-22 “Fabricación de productos de plástico y caucho”.
- Interpretar el volumen estimado de desechos generado en la fabricación de productos de plástico y caucho, mediante la información recopilada.

- Identificar oportunidades de crecimiento económico mediante la aplicación de la economía circular en el sector C-22“Fabricación de productos de plástico y caucho”.
- Describir tecnologías para la aplicación de la economía circular sobre el ciclo de vida de los productos del sector manufacturero fabricación de productos de plástico y caucho.

1.5. Marco Teórico.

1.5.1. Marco Referencial

Indagando en el repositorio de las diferentes universidades, existen trabajos de titulación similares que serán parte de los antecedentes para la investigación del proyecto y que servirán como bases para realizar el presente estudio, los temas son:

Tema: “La economía circular para el desarrollo sustentable como estrategia para alcanzar la responsabilidad social para el aprovechamiento energético de los desechos plásticos”

Autor: Cascante Moreira Alexis Ricardo.

Tutor: Lcda. Coello Pisco Silvia Magdalena, Mg.

Objetivos:

- Analizar la Economía Circular como base para el desarrollo sustentable, logrando establecer una estrategia para alcanzar la responsabilidad social ambiental para el aprovechamiento energético de los desechos plásticos.
- Describir modelos idóneos para la aplicación de la a economía circular y el desarrollo sustentable.
- Aprender los componentes, variables que sean adaptables para la economía circular y ciclo de vida de los proyectos enfocados a la responsabilidad social.
- Crear un plan de mejoramiento teniendo como base a la economía circular para optimizar recursos y procesos de un proyecto, aprovechando los desechos plásticos para cumplir con los objetivos del desarrollo sustentable (ODS).

Conclusiones:

Durante la compilación de información mediante la aplicación del test para lograr obtener resultados, siendo estos muy satisfactorios en cuanto a la correcta clasificación de desechos y conocimiento de ellos, en cómo afecta al ambiente, aunque la realidad que se vive es una muy diferente ya que de ser así hubiera menos residuos sólidos (plásticos) en los vertederos, siendo así este el punto de quiebre del presente estudio. Si bien es cierto nuestro estudio nos arrojó que gran parte de los encuestados tenía conducta ambiental que tenía conocimiento

en información ambiental que tenían una alta cultura ambiental con un 93% de todos los participantes y que poseen una actitud ambiental también en su mayoría con un 92% aun así nos deja dudas, aunque los resultados son altos y mostraron aceptación con la validación de encuestas KR20. Al realizar la prueba de Chi Cuadrado de cada uno de los puntos antes mencionados, esta direccionó nuestro estudio al nivel socio económico de las personas siendo este el único punto en donde hay interacción entre la actitud ambiental y su estilo de vida, llegando a la conclusión que siendo de un estatus social de medio hacia abajo posee mayor actitud hacia lo ambiental (Cascante Moreira, 2022).

De tal forma que los resultados fueron el punto de partida para la propuesta de plan de mejora basándonos en el Objetivo 4 (ODS) Educación de Calidad ya que si le otorgamos más información a los estudiantes sobre la Economía Circular y el Desarrollo Sostenible ellos serán los encargados de transmitir esta información en sus hogares y de esta forma crear profesionales consientes y con otra mentalidad para contribuir con el cambio y el manejo adecuado de los recursos. Por tal motivo debemos de admitir que el cambio es necesario y que nuestra conducta depende de nuestra educación, ayudando a cuidar al planeta y a la vez evitaremos la acumulación de residuos sólidos plásticos en los vertederos y causar un daño menor al ecosistema (Cascante Moreira, 2022).

Aspectos a considerar:

Para el presente trabajo de titulación se tomó como aspectos los siguiente:

- La aplicación de la economía circular en productos de plástico una vez concluido su ciclo de vida.
- El porcentaje de conocimiento de los aspectos ambientales en torno a la contaminación por plástico.

Tema: “La economía circular en Ecuador como ayuda alcanzar el desarrollo sostenible”

Autores: Damaris Mariela Méndez Procel y Bryan Steven Muñoz Murillo.

Tutor: Dr. Marcelo Pablo Abad Varas

Objetivos:

- Definir el impacto de la aplicación de la economía circular en Ecuador como ayuda alcanzar el desarrollo sostenible.
- Analizar la tendencia nacional en la aplicación de la nueva metodología economía circular.
- Investigar sobre las normas ambientales referentes para la economía circular en el Ecuador.

- Señalar las actividades económicas y rubros inherentes vinculados a residuos en la aplicación de la economía circular.
- Analizar la aplicación y tendencia de indicadores ambientales correspondientes a economía circular.

Conclusiones:

La economía circular en el Ecuador no tiene un impacto significativo en la población, debido a su bajo nivel de ejecución. De las 13.694 actividades de los sectores económicos que tiene el país solo 481 hacen inversión ambiental según información del INEC para el año 2017. Sin embargo, se tiene la certeza de que la introducción de la economía circular en el Ecuador significara un impulso a adoptar una cultura sostenible donde se recicle y fomentar actividades para que tanto como las empresas, personas adopten en cuanto a esta nueva metodología de economía, apoyando el cuidado del medio ambiente y generando nuevos puestos de trabajo. Es por eso que el Ecuador debe tomar como base a la Economía circular mediante la aplicación de medidas ambientales, la cual está relacionada con el tratamiento de los residuos y cuidado al medio ambiente. Además, la economía circular aporta al desarrollo sostenible mediante tecnologías que permite reducir el consumo de recursos, esto alargar los ciclos de vida de los productos. En cuanto bases políticas públicas sobre este nuevo modelo circular en el Ecuador se determinó que existen avances (Méndez Procel & Muñoz Murillo, 2020).

Según la recopilación de información del Ministerio del Ambiente se tiene pensado la elaboración del Libro blanco sobre la economía circular. Varias empresas del país se encuentran orientadas a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible que junto al modelo circular se complementan y dependiendo la actividad productiva se asocian a dichos objetivos y desarrollan procesos circulares, sin embargo, el conocimiento sobre el tema es aún escaso a nivel nacional (Méndez Procel & Muñoz Murillo, 2020).

Aspectos a considerar

Para el desarrollo del proyecto de investigación se consideró el estudio detallado sobre la economía circular y su búsqueda de cumplir con los objetivos del desarrollo sostenible, apoyando el reciclaje, reduciendo el impacto ambiental.

Tema: “Percepción de la comunidad sobre el consumo del plástico de un solo uso en el cantón Guayaquil”

Autor: Vicente Patricio Cobos Pazmiño

Tutor: Msc. Mireya Pozo Cajas

Objetivos:

- Indagar el nivel de percepción ambiental en los ciudadanos del cantón Guayaquil sobre los plásticos de un solo uso.
- Señalar sectores estratégicos con gran afluencia de ciudadanos ubicados en el norte, centro y sur del casco urbano de la ciudad de Guayaquil.

Conclusiones:

En el cantón Guayaquil se identificaron cuatro zonas de concentración de desechos plásticos de un solo uso, ubicados en los sectores tanto norte, como centro y sur los cuales corresponden a: Centro comercial Mall del Fortín, Área Nacional de Recreación Parque Samanes, Centro Comercial Mall del Sol, Malecón 2000 y Mall del sur respectivamente (Cobos Pazmiño, 2021).

Se realizaron encuestas tanto presencial como online por efecto de la pandemia del virus COVID-19, se encuestaron 384 personas, divididas en 250 personas son de sexo masculino y 134 femenino. Se identificaron cuatro medidas en esta investigación. Se determinó que el 31,30%, siendo la mayoría de la muestra poblacional de los ciudadanos en el cantón Guayaquil tiene el hábito de usar bolsas plásticas tipo camiseta, así mismo la gran mayoría con un 46,87% tiene el hábito de reusar las fundas plásticas (Cobos Pazmiño, 2021).

Se calculo el porcentaje del nivel de conciencia ambiental de los ciudadanos del cantón Guayaquil hacia los plásticos de un solo uso, siendo este un resultado muy alto con un 60,68%, que representa a la población de Guayaquil que tiene conciencia de los efectos negativos tanto para el ambiente como para la salud humana, sin embargo, no se ve un buen manejo de estos residuos. Así mismo se cuantifico el comportamiento pro ambiental de los ciudadanos del cantón Guayaquil. Los resultados indican que el 76,50%, siendo una calificación adecuada, los ciudadanos Guayaquileños quieren ser partícipes de las actividades para el cuidado del ambiente con respecto al consumo del plástico de un solo uso (Cobos Pazmiño, 2021).

Aspectos a considerar:

De la tesis referenciada se consideró para el proyecto de investigación lo siguiente:

- El manejo de los desechos plásticos por parte de las autoridades del cantón y el ministerio del ambiente.
- El nivel de conocimiento por parte de los ciudadanos Guayaquileños respecto al cuidado del ambiente.

Tema: “Logística Inversa aplicada en la gestión de residuos generados por la empresa FlexoFilm, en la fabricación de fundas plásticas”

Autor: Chingal Huaca Daniela Salomé.

Tutor: Econ. Heredia Campaña Argenis Lissander, Msc.

Objetivos:

- Aplicar la logística inversa para gestionar los desechos de la empresa FLEXOFILM para identificar el impacto de contaminación ambiental.
- Identificar los procesos de la logística inversa que se aplican en la empresa FLEXOFILM.
- Analizar el impacto ambiental que genera la empresa FLEXOFILM.

Conclusiones:

La logística inversa dentro de la empresa no solo permite reciclar los desechos que se generan, sino que además permite un acercamiento directamente con los consumidores.

Mediante la elaboración de la matriz de Leopold se concluye que categóricamente no se presentan impactos negativos, ya que es de nivel 3, el cual está dentro los lineamientos ambientales y los impactos mínimos que se detectaron se dan dentro de la planta de producción por un manejo inadecuado de las materias primas o por acciones involuntarias de los trabajadores, más bien se generará contaminación e impacto ambiental al momento que el consumidor ya que este no aplica las medidas de clasificación y reciclaje del producto una vez cumpla su ciclo de vida (Chingal Huaca, 2019).

Mediante la determinación de los procesos que se desarrollan dentro de la empresa se realizó el diagnóstico general, es decir, respecto a la responsabilidad por la cual están asumiendo restos dentro del mercado, principalmente en el área de la logística inversa que hasta el momento está tomando mayor importancia dentro de la empresa (Chingal Huaca, 2019).

Tomando en cuenta el área tecnológica, la empresa cuenta con una gama de maquinaria de muy buena calidad, equipos eficientes que ayudan al cumplimiento de las actividades, pero existe una pequeña deficiencia con respecto al no poder reutilizar material pigmentados, ya que este requiere de otro tipo de reprocesamiento, el cual la empresa no puede realizarlo, pero eso no implica que la empresa deje de reutilizar, ya que busca las mejores alternativas para que ningún desecho sea expuesto, causando inseguridad a la población (Chingal Huaca, 2019).

Aspectos a considerar

Para el proyecto de investigación se consideraron:

- La información de la empresa detallada para llevar a cabo el capítulo II.
- El control estadístico que nos sirvió para estimar los desechos de esta empresa perteneciente al sector “fabricación de productos de plástico y caucho”.

1.5.2. Marco conceptual.

Sostenibilidad: es la fabricación de productos y servicios, que sirven para satisfacer las necesidades humanas y garantizar una mejora calidad de vida para la población en general, con tecnologías limpias que no causen daño a la naturaleza, aprovechando los recursos dentro de los límites de regeneración y crecimiento natural (Ávila, 2018).

Economía lineal: tiene como bases el consumo. Bajo el paradigma “take-make-waste” (“extraer-fabricar-consumir-eliminar”), la materia prima es procesada en bienes, estos se transforman en productos al entrar al mercado, son comprados, consumidos y finalmente desechados como residuos y desechos, ocasionando no solo el agotamiento de los recursos naturales por su procesamiento y consumo muchas veces masivo, sino también la generación de toneladas de basura (Martínez & Porcelli, 2018).

Economía circular: es más un proceso que impulsa la reparación, regeneración y pretende conseguir que los productos, componentes y recursos en general mantengan su utilidad y valor en todo momento. La economía es un ciclo de desarrollo positivo que conserva y mejora el capital natural, impulsado el desarrollo sostenible optimizando el uso de los recursos y reduciendo los riesgos al gestionar una cantidad finita de existencias y flujos renovables. Además, funciona de forma muy eficaz en todo tipo de escala (Ellen MacArthur Foundation, 2018).

Economía circular y medioambiente: el modelo cíclico que mantiene la economía circular enfocándose en un camino hacia la sustentabilidad es muy importante para el cuidado del ambiente, ya que por el volumen de demanda de los recursos naturales, para satisfacer el consumo, se aleja la posibilidad de que los recursos no renovables mantengan un *stock* mínimo de reservas, sumándole a esto que se genera una gran cantidad y calidad de residuos que supera la capacidad de asimilación por parte de la naturaleza, a pesar de que algunos de estos desechos se los puede reciclar (Carrillo González et al., 2021).

Beneficios de la economía circular: la economía circular es una metodología que busca el mayor aprovechamiento de recursos, la reducción del consumo y aumento el valor en el ciclo de vida de los productos, provocando beneficios tanto a nivel ambiental, económico y social. La aplicación de la economía circular favorecerá no solo a la reducción del uso de

los recursos, sino que además ayuda a rebajar la obtención de residuos y a optimizar el consumo de energía, crean fuentes de trabajo, busca la sostenibilidad (Méndez Procel & Muñoz Murillo, 2020).

Sistema productivo: es un conjunto de procesos para la transformación de los recursos y convertirlos en bienes o servicios (Quiroa, 2022).

Cadena de suministro: la conforman todas aquellas áreas involucradas ya sea de manera directa o indirecta en la transformación de la materia prima en productos o servicios para la satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente. La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores, a lo mismos clientes, ya que la cadena de suministro empieza y termina en el cliente (Luis et al., 2019).

Medio ambiente: conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos, valores naturales, sociales y culturales que existen en un lugar y en un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y en generaciones futuras (RSyS, 2022).

Contaminación ambiental: es un proceso que involucra todos los ambientes el aire, el agua, el suelo, a los seres vivos tanto emisores como receptores de los contaminantes hacia el ambiente (Domínguez, 2015).

Desechos: son cualquier tipo de productos, bienes que una vez concluido su ciclo de vida son residuos o basuras no peligrosas, originados por personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que pueden ser sólidos o semisólidos (Quishpe Ortiz & Semanate Santacruz, 2018).

Residuos: por lo general son peligrosos y son cualquier material que es considerado desecho (Pillado, 2020).

Recursos renovables: los recursos que no se regeneran de forma continua a un ritmo de consumo, estaríamos hablando que su consumo no perjudicar a las futuras generaciones por dejarlos sin disponibilidad de estos (Roper, 2020).

Ecología industrial: busca el cumplimiento del ciclo de los recurso, cuyo propósito es el funcionamiento de los ecosistemas naturales, donde estos se extraen, se utilizan y se devuelven a su ecosistema original, evitando al máximo la generación de residuos y desechos (EAN, 2021).

Ecosistema: es el conjunto de especies de diferentes áreas que interactúan entre ellas y con el ambiente abiótico; mediante procesos como depredación, parasitismo, la competencia, simbiosis, con el ambiente al desintegrarse y volver a ser parte del ciclo, se

incluyen bacterias, hongos, plantas y animales ya que todas dependen de otras (CONABIO, 2020).

Ciclo de vida de un producto: es el tiempo que tiene un producto desde su transformación hasta el fin de su vida útil una vez consumido (Espinosa, 2018).

Etapas del ciclo de vida de producto: Consecuentemente, según (Loaiza Torres, 2018) en la revista Scielo describe cuatro etapas del ciclo de vida del producto, considerando su vigencia en el mercado:

Introducción. Se caracteriza porque el producto está disponible para su compra en el mercado. Los beneficios son inexistentes en toda esta fase, debido a los altos gastos que se tienen en las etapas de desarrollo del producto.

Crecimiento: en esta etapa el producto es muy conocido y consumido en una gran cantidad por parte de los clientes.

Madurez: es la fase más lenta, ya que busca impulsar el crecimiento del producto en el mercado, y enfrentar a la competencia. Por lo general los beneficios son estables, pero en algunas ocasiones estos son mínimos.

Declinación: es cuando los beneficios disminuyen y la capacidad de producción ya sobrepasa la demanda, ya la competencia se vuelve intensa con el precio, logrando que el producto quede fuera del consumo en el mercado.

Plástico: conjunto de polímeros sintéticos constituidos por cadenas de C, H y O. Suelen ser los polímeros los más usados en la elaboración de polietileno, polipropileno, polietileno y muchos más derivados para la formación del plástico (Moreira Parrales, 2021).

Producción del plástico: cualquier producto a base de plástico es obtenido de la refinación del petróleo, donde se destila el petróleo hasta convertirlo en gas, etileno. Este gas se vuelve polimerizado y se solidifica para formar el llamado polietileno (Moreira Parrales, 2021).

Termoplásticos: grupo de plástico que son muy fáciles de reciclar ya que se derriten al estar expuestos a altas temperaturas y pueden reutilizarse muchas veces si perder sus componentes principales. Este tipo de plástico toma la forma del molde al enfriarse, tiene un alto peso molecular y bajo punto de fusión. Los termoplásticos más famosos son LDPE, HDPE, PP, PET, PVC, PS, EPS y PC (Díaz Alarcón & Montesdeoca Villamar, 2021).

Termoestables: es un polímero duradero y fácil de transferir se fabrica a partir de resinas líquidas, tiene una vida útil mucho más larga y menos características, lo que hace difícil su reciclaje (Díaz Alarcón & Montesdeoca Villamar, 2021).

Elastómeros: pueden ser polímeros naturales o sintéticos que presentan baja elasticidad a temperatura ambiente siendo capaces de soportar elongaciones reversibles luego de estar sometidos a un proceso de reticulación. Los elastómeros son usados en combinación con otras mezclas para mejorar sus componentes fisicoquímicos (Alcuri, 2018).

Polietileno: polímero usado para la fabricación de envases, tuberías o recubrimientos de cables (Argote López, 2011).

Polipropileno: está constituido por poliolefinas, usado en la producción de empaques para alimento procesados, textilera, equipo y accesorios de laboratorio en parte de autos y películas translúcidas, ya que tiene una gran capacidad contra los solventes químicos así como alcalinos y ácidos, es un termo plástico tiene una serie de características que es difícil encontrar en otros materiales, además de ser cristalino (Villafuente Zosa, 2018).

Contaminación por plástico: el consumo masivo del plástico demandado para elaboración de productos que una vez cumplido su ciclo de utilidad se vuelve uno de los mayores contaminantes en todo el mundo, por su gran duración y composición química de carbono, nitrógeno y oxígeno que causa una serie de impactos al ambiente, ya que es un material barato, ligero y fácil de producir, las industrias lo transforman en grandes cantidades, los seres humanos los consumen, desechan de manera incorrecta, y alarmantes cantidades de desechos plásticos van a parar al mar. En un informe de la ONU se menciona que “para 2050 existirán cerca de 12 mil millones de toneladas de desechos plásticos repartidos en vertederos, mares y océanos”, siendo el principal problema de esto es el tiempo que esta toma para degradarse, que varía en diferentes entornos, componentes y dependiendo del tipo de plástico (Cedeño et al., 2022).

Reciclaje: práctica eco-amigable que en la que se somete a los desechos en un proceso de transformación para aprovecharlos como recursos permitiéndoles volver al ciclo de la vida sin tener que recurrir al uso de nuevos recursos naturales (Isan, 2017).

Código C.I.I.U.: es la Clasificación Industrial Internacional Uniforme, de las Naciones Unidas, en la que se cataloga cada actividad económica en sectores con categorías y subcategorías con un código alfanumérico (Servicio de Acreditación Ecuatoriano, 2017).

INEN: es un organismo nacional de calidad, definido como la Normalización, Reglamentación Técnica y Metrología, para garantizar el cumplimiento de los derechos ciudadanos relacionados a la seguridad, la protección del consumidor e impulsa la cultura de la calidad (Ecuador, 2022).

1.5.3. Marco legal.

Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador (CRE) contempla un nuevo modelo para el goce de los Derechos, fundamentado a través de la Doctrina del Buen Vivir o Sumak Kawsay que presenta un cantidad de catálogos en los que destaca el derecho a un ambiente sano y reafirmar el desarrollo de la aplicación de los desechos que tiene el ambiente donde el ser humano es partícipe y depende de un correcto equilibrio natural para llevar una vida digna (Jama & Alexandra, 2021).

Los artículos 14 y 17 en la CRE reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano, equilibrado ecológicamente garantizando la sostenibilidad y el buen vivir. Se declara de interés público y privado en la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio del país, la prevención del daño ambiental y fomentar la recuperación de los espacios naturales degradados” (Montecristi, 2008).

Además de señala que la naturaleza o Pacha Mama, donde se desarrolla la vida, tiene derecho a que se respete la existencia, mantenimiento y regeneración de los ciclos vitales, estructuras, funciones y procesos evolutivos (Montecristi, 2008).

Existe también la Ley de Plásticos de un solo uso, que en concordancia con lo fundamentado en la CRE, es un cuerpo normativo que tiene como objetivo reducir o realizar este tipo de plástico, fomentando el reciclaje, la disminución de la huella de carbono y respetar los derechos del ambiente (Arzube Calderón, 2021).

Código Orgánico del Ambiente

Las normas, las reglas, las decisiones con técnicas vinculadas, son de cumplimiento obligatorio para todas las entidades, organismos y dependencias descritas en el Código Orgánico del Ambiente, así como las reglas y decisiones con que comprenden el sector público, personas naturales y jurídicas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, que se encuentren permanente o temporalmente en el Ecuador (Cayambe Murillo, 2021).

Ley de Gestión Ambiental

La ley de gestión medioambiental estipula lo siguiente:

En el Art. 2, se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos para gestión ambiental, además de fomenta la utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables para respetar los derechos del ambiente (Santos Suárez & Valdez Rodríguez, 2021).

El Art. 4 describe todos los instructivos, regulaciones, reglamentos dentro del ámbito ambiental que deben cumplir las instituciones del Estado (Santos Suárez & Valdez Rodríguez, 2021).

El Sistema Descentralizado de Gestión Ambiente se establece en el Art. 5 como un mecanismo de coordinación transectorial, interacción y cooperación entre los distintos ámbitos, sistemas y subsistemas de manejo ambiental y la gestión de los recursos naturales (Santos Suárez & Valdez Rodríguez, 2021).

Del Desarrollo Sustentable para la conservación del patrimonio natural y aprovechamiento de manera sustentable de los recursos en el Art. 7 se enmarcan políticas generales en las que se establece que el presidente de la República al aprobar el Plan Ambiental Ecuatoriano, serán las políticas y el plan de gestión ambiental las que cumplan con las metas de desarrollo y los objetivos nacionales permanentes. El Plan Ambiental Ecuatoriano contiene proyectos, estrategias, planificación para la correcta gestión ambiental nacional. El presidente de la República contará, como asesor al Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable, que elaborara el Reglamento de esta Ley y en el que deberán participar, obligatoriamente, representantes de la sociedad civil y de los sectores económicos (Santos Suárez & Valdez Rodríguez, 2021).

1.6. Aspectos metodológicos de la investigación.

El presente trabajo de titulación tiene un enfoque tanto cualitativo como cuantitativo ya que parte de la recolección de información necesaria para inferir los datos utilizados para la aplicación de la economía circular en las micro, pymes y grandes empresas.

1.6.1. Tipo de estudio.

El tipo de estudio a emplearse es la investigación documental que es una técnica de investigación cualitativa encargada de recolectar, recopilar y seleccionar información de las lecturas de documentos, revistas, libros,, entrevistas, noticias, grabaciones, filmaciones, periódicos, artículos, resultados de investigaciones, memorias de eventos, entre otros, siendo la observación una de las bases está presente en el análisis de datos, para la identificación, selección y articulación de objeto de estudio (Reyes-Ruiz & Carmona Alvarado, 2020).

Para la obtención de la información necesaria se buscó en tesis, libros, papers, con las palabras claves: Plásticos, economía circular, caucho, desechos etc.

1.6.2. Método de investigación.

Para realizar el proyecto de investigación se aplicaron diversos métodos:

Método histórico: útil para conocer la evolución y desarrollo de los eventos, las principales etapas este es un método muy importante para la investigación para analizar el objeto de estudio y su movimiento respecto al tiempo (Falcón & Serpa, 2021).

Método descriptivo: identifica las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, para analizar.

Ya que en la investigación se utilizó para describir la información recolectada para sentar las bases del inicio del trabajo.

Método cualitativo: aquel que permite la recolección de los datos necesarios, para interpretar lo referente a la “Fabricación de productos plástico y caucho” del código C.I.I.U.

Método cuantitativo: son investigaciones previas y se centra en el estudio cualitativo. El cuantitativo se utiliza para consolidar las creencias de manera lógica y establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población, y el cualitativo, para que el investigador elabore el método de cálculo, como lo sería un grupo de personas únicas o un proceso particular.

Es de suma importancia el método cuantitativo ya que en la investigación se mostrará los datos estadísticos respecto a los desechos de la elaboración de productos a base de plástico.

1.6.3. Fuentes y técnicas para la recolección de información.

Las fuentes y técnicas que se emplearon fueron bibliografías de tesis, datos relevantes sobre desechos en el INEN, información de la web, información necesaria sobre el ciclo de vida del producto, papers escritos sobre los desechos típicos del sector “Fabricación de productos de plástico y caucho” del código C.I.I.U. en el que se centra el proyecto.

1.6.4. Tratamiento de la información.

Una vez recopilada la información necesaria de desechos generados en los diferentes sectores manufactureros, y distribuir de manera cualitativa/cuantitativa se tabuló el volumen estimado de desechos centrándonos únicamente en el sector-C-22 Fabricación de productos de plástico y caucho, se procede a describir la cantidad de desechos que se pueden aprovechar aplicando tecnologías en base al modelo de la economía circular, como un camino a la producción sostenible.

1.6.5. Resultados e impactos esperados.

Los resultados esperados del análisis del volumen estimado de desechos del sector manufacturero “Fabricación de productos de plástico y caucho”, sirvan como una oportunidad para la aplicación de la economía circular, permitiendo identificar oportunidades de crecimiento, además se lograr interpretar el comportamiento del ciclo de

vida del producto de una manera que este no genere residuos y cumplir así posibles metas ambientales reduciendo el impacto al ambiente causando por los desechos.

Capítulo II

Análisis, Presentación de Resultados y Diagnóstico

2.1. Análisis de la Situación Actual.

En este punto se presenta una descripción muy detallada sobre los impactos que genera el sector CIU C-22, tomando en cuenta el ciclo de vida de los productos de plástico y caucho, que servirá para llevar a cabo la estimación de sus desechos.

2.1.1. Clasificación de la materia prima.

El ciclo de vida de los plásticos y cauchos en la cadena de suministro empieza con la extracción y el refinado de combustibles fósiles como el petróleo, hidrocarburo que se formó hace 430 millones de años, mediante la descomposición de rocas, arena, fósiles y más compuestos (Espinosa, 2018).

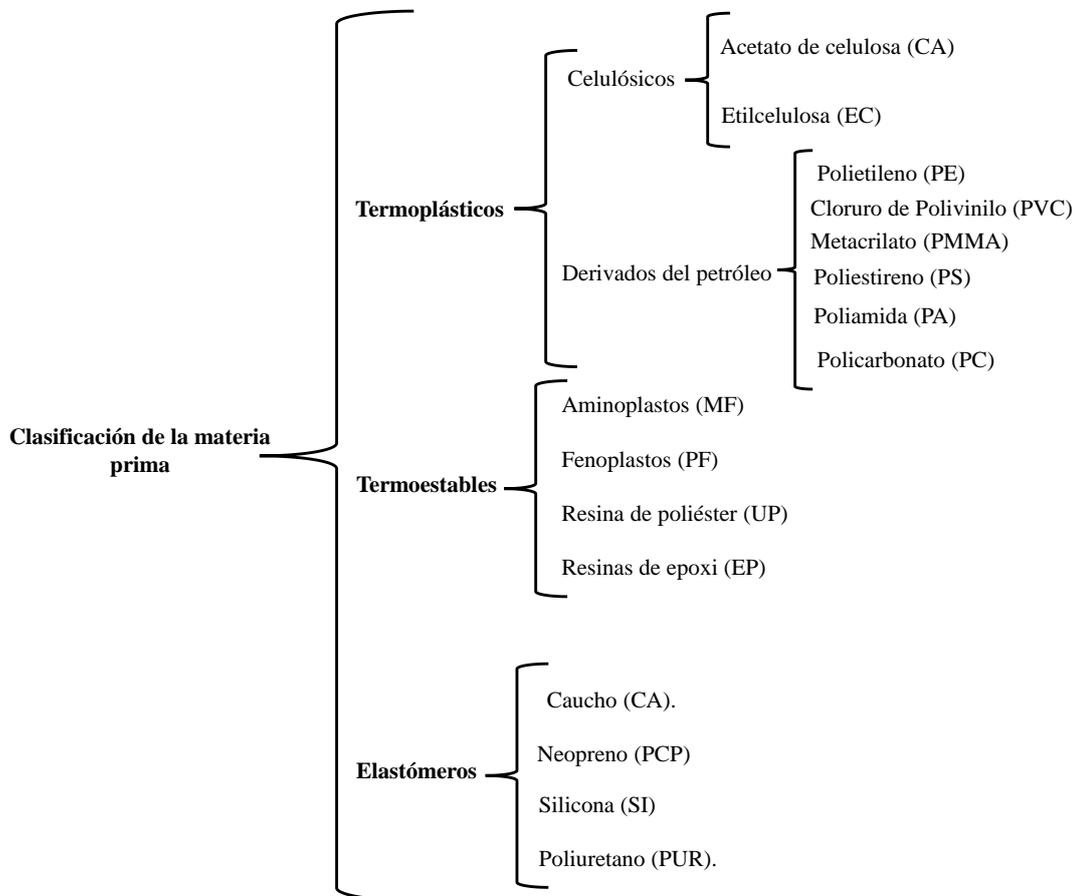


Figura 3. Clasificación de la materia prima. Elaborado por la autora.

2.1.2. Análisis del ciclo de vida de los productos de plástico y caucho.

El ciclo de vida de un producto empieza desde la extracción de la materia prima hasta su descomposición, a continuación, se detallará el ciclo de vida de productos de plástico y caucho:

1. Extracción y refinado de la materia prima.
2. Transformación de la materia prima.
3. Transporte y distribución de los productos.

1. Extracción y refinado de la materia prima

El ciclo de vida del plástico inicia con la extracción de la materia prima, el petróleo una vez que es procesado se fracciona en diferentes tipos de hidrocarburos obteniendo la nafta (de la destilación de la gasolina), es un líquido muy inflamable que se transforma en la industria petroquímica con el fin de obtener alcanos y alquenos, como el etileno y el propileno, además se obtiene compuestos aromáticos como el benceno, xileno y toluenos, todos estos compuestos son usados para la producción de plásticos (Espinoza, 2018).

Respecto al análisis de ciclo de vida del caucho, es obtenido del petróleo de las moléculas de carbono llamadas dienes que son procesadas para obtener la goma sintética, pero la cuarta parte de la materia prima es obtenida del látex, extraído de árboles vivos llamado hevea brasiliensis, más conocido como árbol de caucho, mediante cortes en su corteza.

Problemática ambiental generada por la extracción y refinado de la materia prima.

Para la extracción de las materias primas, el refinado y el procesamiento de los hidrocarburos para obtener petróleo y el gas natural, generan diferentes impactos al medio ambiente, entre los que se destacan la deforestación, los daños ecológicos, la contaminación del suelo por los minerales tóxicos, la contaminación de fuentes hídricas por residuos de, la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Con respecto a la extracción del látex parte de la materia prima del caucho provoca impactos al ambiente debido a que este es obtenido de árboles vivos que requieren un consumo alto en agua dulce, regresando muchas veces a su ciclo natural con residuos tóxicos.

2. Transformación de la materia prima.

En la transformación de la materia prima para la obtención de plástico y caucho existen muchos procesos productivos según (Espinoza, 2018) todos estos procesos tienen en común las siguientes operaciones:

Colado: es básicamente verter la materia prima en estado líquido dentro de un molde y una vez que se solidifica este adquiere la forma del molde (Espinoza, 2018).

Espumado: es cuando se introduce aire en el interior de una masa de plástico para formar burbujas y fabricar colchones, aislantes térmicos, entre otros productos (Espinoza, 2018).

Calandrado: es la obtención de láminas plásticas al pasar por unos rodillos mediante presión y fabricar hules, impermeables, planchas de plástico y otros productos (Espinoza, 2018).

Compresión: consiste en comprimir el plástico mediante una presa hidráulica, pero antes se calienta su estado natural en forma de polvo o gránulos de plástico, para formar el molde. Con este procedimiento se obtienen los mangos de baquelita de sartenes, calderos, cuchillos, entre otros (Espinoza, 2018).

Inyección: es básicamente introducir el plástico granulado dentro de un molde cilíndrico en el que se calienta, cuando el plástico se reblandece, un tornillo lo empuja y lo inyecta a alta presión en un molde de acero. Posteriormente el molde se enfría con agua para solidificar, de esta manera se fabrican palanganas, platos, carcasas, cubos, platos, componentes de carros, entre otros (Espinoza, 2018).

Extrusión: al igual que en la inyección el plástico granulado se calienta dentro de un cilindro una vez que reblandece, un tornillo sinfín lo empuja y lo hace salir a través de una boquilla con la forma del producto, obteniéndose una pieza continua de gran longitud y poco grosor que se enfría para endurecer ya se con aire o agua, para fabricar varillas, mangueras, tubos, entre otros productos (Espinoza, 2018).

Soplado: consiste en inyectar aire a presión en un molde donde existe una cantidad justa de plástico pastoso para que este se pegue a las paredes del molde cogiendo su forma. Así se fabrica recipientes huecos como frascos, garrafas, botellas (Espinoza, 2018).

Moldeo por vacío: mediante el calor aplicado a una lámina de plástico sobre un molde y esta ablande se hace un vacío entre el molde y la lámina para que ésta coja la forma de aquél y se espera que solidifique (Espinoza, 2018).

Problemática ambiental que generan la producción de productos de plásticos y caucho.

En el ciclo de vida de los productos ya se del plástico o del caucho, es en esta etapa en la que se genera un incremento de emisiones debido al incremento del consumo de energía por la cantidad de maquinaria utilizada, sumándole a esto las emisiones generadas por la caldera, ya que el carbón es el principal combustible empleado (Cuevas & Ramírez, 2018).

Para entender la problemática ambiental que genera la fabricación de productos de plástico y caucho se tomó la información detallada por (Cuevas & Ramírez, 2018) sobre los

recursos empleados para la fabricación de poliéster, los desechos que esta genera entre sólidos, líquidos y emisiones a la atmosfera:

Tabla 1. *Desechos generados en la producción de productos de poliéster.*

Fabricación de productos de plástico		
Datos	Cantidad	Unidad
Gránulos o fibras de plástico	1,14	Kg de gránulos
Vapor de agua	5,42	kg de vapor de agua
Energía eléctrica	1,35	KW
Agua (Caldera)	3,36E-03	m ²
Carbón	1,12	Kg
Agua (enfriado)	1,68E-03	m ³
Emisión Co ₂	2,41	Kg Co ₂
Emisión Co	6,58E-03	kg Co
Emisión NO	3,69E-03	Kg NO
Emisión NO ₂	4,42E-04	Kg NO ₂
Emisión H ₂ =	1,07E-02	kg H ₂ O
Emisión MP	8,86E-04	kg MP

Información tomada. Análisis de ciclo de vida del poliestireno. Elaborado por la autora.

3. Transporte y distribución de los productos de plástico y caucho.

Problemática ambiental que generan por el transporte y distribución de productos de plásticos y caucho.

El transporte y distribución de los productos es uno de los principales contribuyentes a la creación de emisiones de gases de efecto invernadero esto debido a la quema de combustibles que aporta a la formación de compuestos orgánicos volátiles y estos, a su vez, reaccionan con los óxidos de nitrógeno, también emitidos por los vehículos, y contribuyen a la formación de smog fotoquímico (Cuevas & Ramírez, 2018).

Los plásticos durante todo el ciclo de vida generan una serie de impactos al ambiente solo en el año 2015 se produjeron a nivel mundial entre 60 y 99 millones de toneladas de desechos plásticos, se estima que esta cantidad podría aumentar a 155 o 265 millones de toneladas por año para 2050, aunque la principal causa de los desechos sucede una vez que estos llegaron al fin de su vida (Red, 2022).

Los productos plásticos durante y fin de su vida útil se convierten en montañas de desechos que terminan en vertederos o en el mar formando islas de basura, de ahí la necesidad de cambiar la economía lineal a un modelo más circular donde se aporte valor durante todo el ciclo de vida del producto.

El caucho produce daño al ambiente desde su extracción, solo para cubrir las necesidades en el transporte se producen millones de neumáticos en la que se liberan emisiones dañinas

tanto al aire como el suelo, una vez que estos cumplen su ciclo de vida suelen se amontonados tanto en vertederos y para posteriormente ser quemados, causando gases de efecto invernadero esto se suele hacer debido a que todos los productos derivados del caucho tardan aproximadamente 100 años en desintegrarse.

2.2. Análisis comparativo, evolución, tendencias y perspectivas.

2.2.1. Caracterización del sector.

En el Ecuador los productos del sector C-22 son muy importantes para la economía del país ya que su fabricación no depende de un alto costo, además de la gran facilidad que es trabajar este material, es un insumo fundamental ya que cubre la mayoría de necesidades, mediante productos de envasado para otras empresas, artículos para el hogar, vestimenta, productos para carros, entre otros.

Respecto a la generación de desechos de este subsector “Fabricación de productos de plástico” se tiene estimaciones del año 2019 que describe que se generaron alrededor de 528.000 toneladas de residuos plásticos que equivale al 11% del total de desechos sólidos producidos en el país, hay que recalcar que no existen estimaciones de los desechos generados para el subsector “Fabricación de productos de caucho” (Elizalde Tutiven, 2019).

De la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU), hemos seleccionado por código y actividad económica del sector y se lo presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2. *Clasificación Industrial Internacional Uniforme.*

Código de Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU 4.0)	
Código	Descripción
C	Industrias manufactureras.
C22	Fabricación de productos de caucho y plástico.
C222	Fabricación de productos de plástico.
C2220	Fabricación de productos de plástico.
C22201	Fabricación de placas, hojas, tubos y perfiles de caucho
	Fabricación de semimanufacturas de productos de caucho: planchas, láminas, películas, hojas, tiras, etc.
C222011	Fabricación de productos acabados de caucho: tubos, caños y mangueras de caucho, accesorios para tuberías, caños y mangueras.
C222012	
C22202	Fabricación de productos de plástico para la construcción.
	Fabricación de artículos plástico para la construcción: puertas, ventanas, marcos, contrapuertas, persianas, zócalos, tanques para depósito, etc.
C222021	
	Fabricación de cubrimientos plásticos para pisos, paredes o techos en rollos o en forma de losetas, domos, piedra artificial, cubrimientos de pisos resistentes, como vinilo, linóleo, etc.
C222022	

C222023	Fabricación de artículos plásticos sanitarios como bañeras, platos de ducha, lavados, inodoros, cisternas de inodoros, etc.
C222024	Fabricación de otros productos primarios de plástico.
C22203	Servicios de apoyo de productos de plásticos
C222030	Servicios de apoyo a la fabricación de productos de plástico a cambio de retribución o por contrato.
C22209	Fabricación de otros productos de plástico.
C222091	Fabricación de artículo de plástico para el envasado de productos: bolsas, sacos, cajones, cajas, garrafones, botellas, etc.
C222092	Fabricación de utensilios de mesa y cocina de plástico y artículos de tocador.
C222093	Fabricación de artículos para oficina y uso escolar.
C222094	Fabricación de cubrecabezas, prendas de vestir (solo si las piezas se unen por adhesión y no por costura).
C222095	Fabricación de piezas de lámparas y accesorios de iluminación, accesorios para aislamiento; letrero o señales no eléctricas de plásticos.
C222096	Fabricación de accesorios de plástico para carrocerías de vehículos y artículos similares de resina de poliéster y fibra de vidrio.
C222097	Fabricación de otros artículos de plásticos: parachoques de muelles o embarcaciones, ballenas de corse, etc.
C222099	Fabricación de otros artículos de plástico diversos: accesorios para muebles, estatuillas, artesanías, correas de transporte y transmisión, cintas autoadhesivas, papel de empacar, hormas de zapato, boquillas de cigarros y cigarros, peines, rúleros, artículos de fantasía promocionales y de regalo de plásticos, canastas de plásticos, etc.

Información tomada de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme. Elaborado por la autora.

Para el año 2022 se tiene que el total de empresas del sector manufactureras de productos de plástico y caucho es de 529, que declararon sus balances a la Superintendencia de Compañías, clasificadas por tamaño en 319 Pymes (que es la suma de pequeñas y medianas empresas), 163 micro empresas y 47 empresas grandes, como se aprecia en la figura 4.

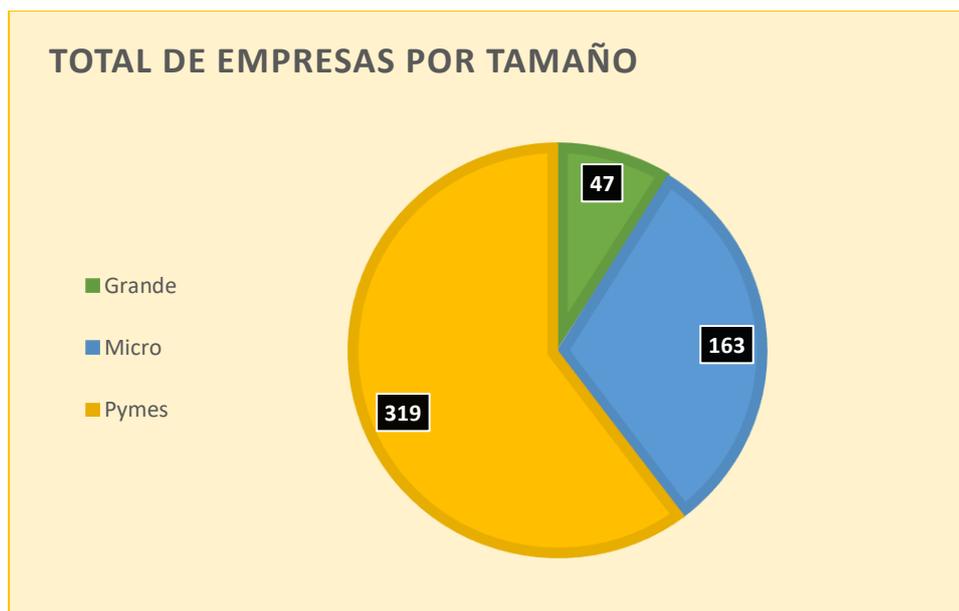


Figura 4. Total de empresas por tamaño. Elaborado por la autora.

La figura 4 nos dice además que son las Pymes las empresas que aportan en mayor cantidad al mercado ecuatoriano, siendo 319 en esta categoría aportando un 60,30%, en segundo lugar, están las 163 micro empresas que aportan un 30,81% y por último las 48 empresas grandes con un 9,00%.

En la tabla 3 se tiene la clasificación de las empresas de sector manufacturero “Fabricación de productos de plásticos y caucho”, por región, siendo la costa la región con mayor número de empresas 316 que representa 59,73%, la Sierra con 212 empresas representado un 40% y el Oriente 0,2% ya que solo existe una empresa de este subsector.

Tabla 3. Empresas del Sector Manufacturero CIU C-22.

Empresas del Sector Manufacturero C.I.U C-22	
Region	Total
Costa	
Guayas	286
El Oro	12
Manabí	14
Esmeraldas	2
Los Ríos	1
Santa Elena	1
Sierra	
Pichincha	162
Azuay	27
Tungurahua	14
Cotopaxi	1
Imbabura	4

Santo Domingo de los Tsáchilas	3
Loja	1
Oriente	1
Sucumbíos	1
Total	529

Información tomada de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. Elaborado por la autora.

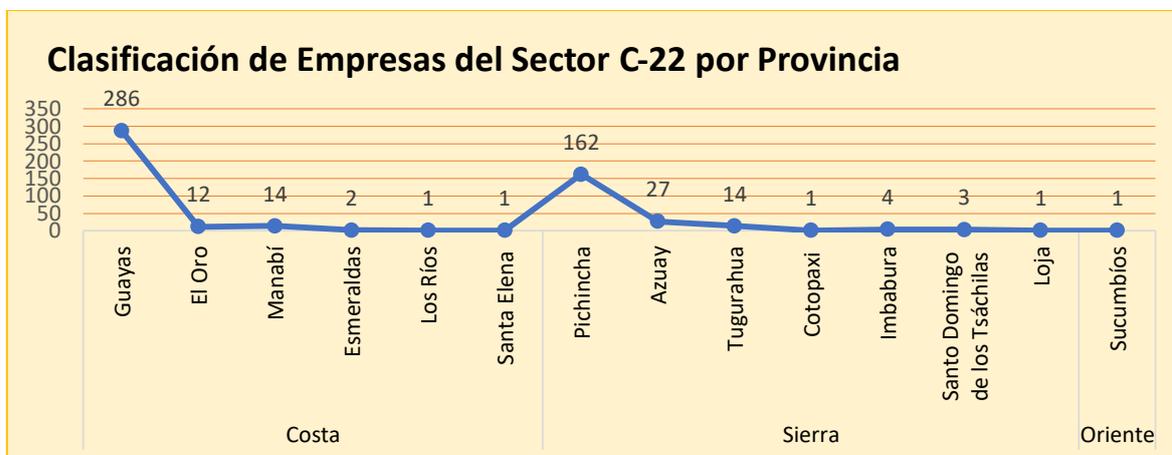


Figura 5. Clasificación de Empresas del Sector C-22 por Provincia. Elaborado por la autora.

En la figura 5 se muestra la representación gráfica de las provincias de las diferentes regiones, siendo la provincia del Guayas la que tiene 286 empresas que representa un 54,06% por lo que se concluye la provincia genera la mayor cantidad de desechos plásticos y de caucho, en segundo lugar, está la provincia de Pichincha con 162 empresa que representa un 30,62% de residuos, la provincia de Azuay con un 5,10% de desechos.

Siendo las provincias como mayor cantidad de desechos generados por el sector C-22 Fabricación de productos de plástico y caucho.



Figura 6. Total de Empresas en la zona 8. Elaborado por la autora.

En la figura 6 se representa el total de empresas en la zona 8 conformada por los cantones Durán, Guayaquil y Samborondón, de las que se tiene 158 pymes, 97 micro y 23 grandes.

2.2.2. Empresa objeto de estudio.

Partiendo de la clasificación antes detallada, como objeto de estudio se va utilizar a la empresa FLEXOFILM es una empresa ubicada en Ibarra, Vía Urcuquí, en el parque industrial, frente al patio de revisión vehicular de la agencia de tránsito, calles Fray Vacas Galindo, empresa dedicada a la fabricación de fundas plásticas para los distintos sectores del país (Chingal Huaca, 2019).

La empresa FLEXOFILM además ayudara a estimar un aproximado de los desechos generados por el subsector fabricación de productos de plástico.

Proceso productivo de la empresa FLEXOFILM

La realización del diagrama de flujo contribuye a una mejor expansión de diagnósticos de procesos y los desechos que genera en cada etapa.

Diagrama de Flujo de Procesos de la empresa FLEXIFILM

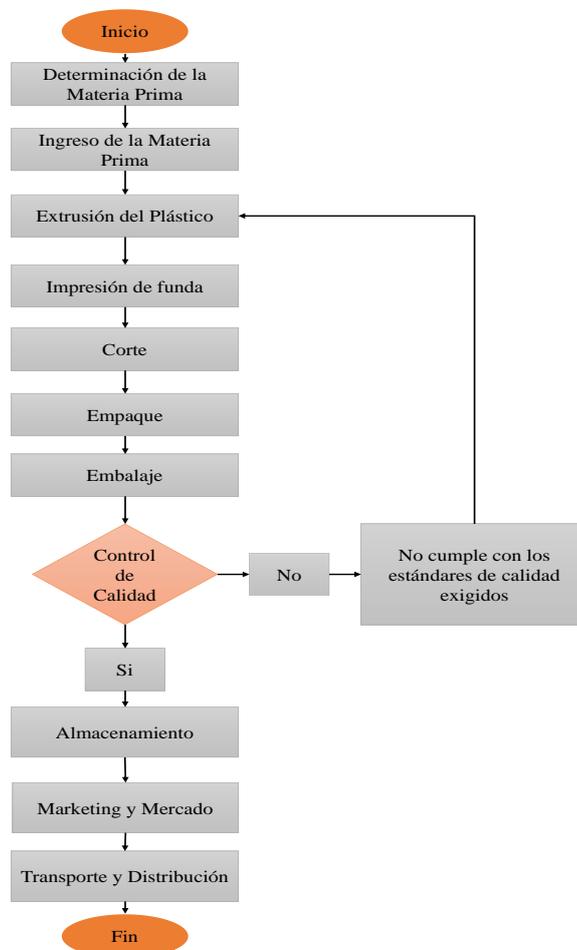


Figura 7. Diagrama de flujo de proceso Información tomada de la empresa FLEXIFILM. Elaborado por la autora.

Diagrama de Flujo de Procesos de la empresa FLEXIFILM con desechos en cada etapa.

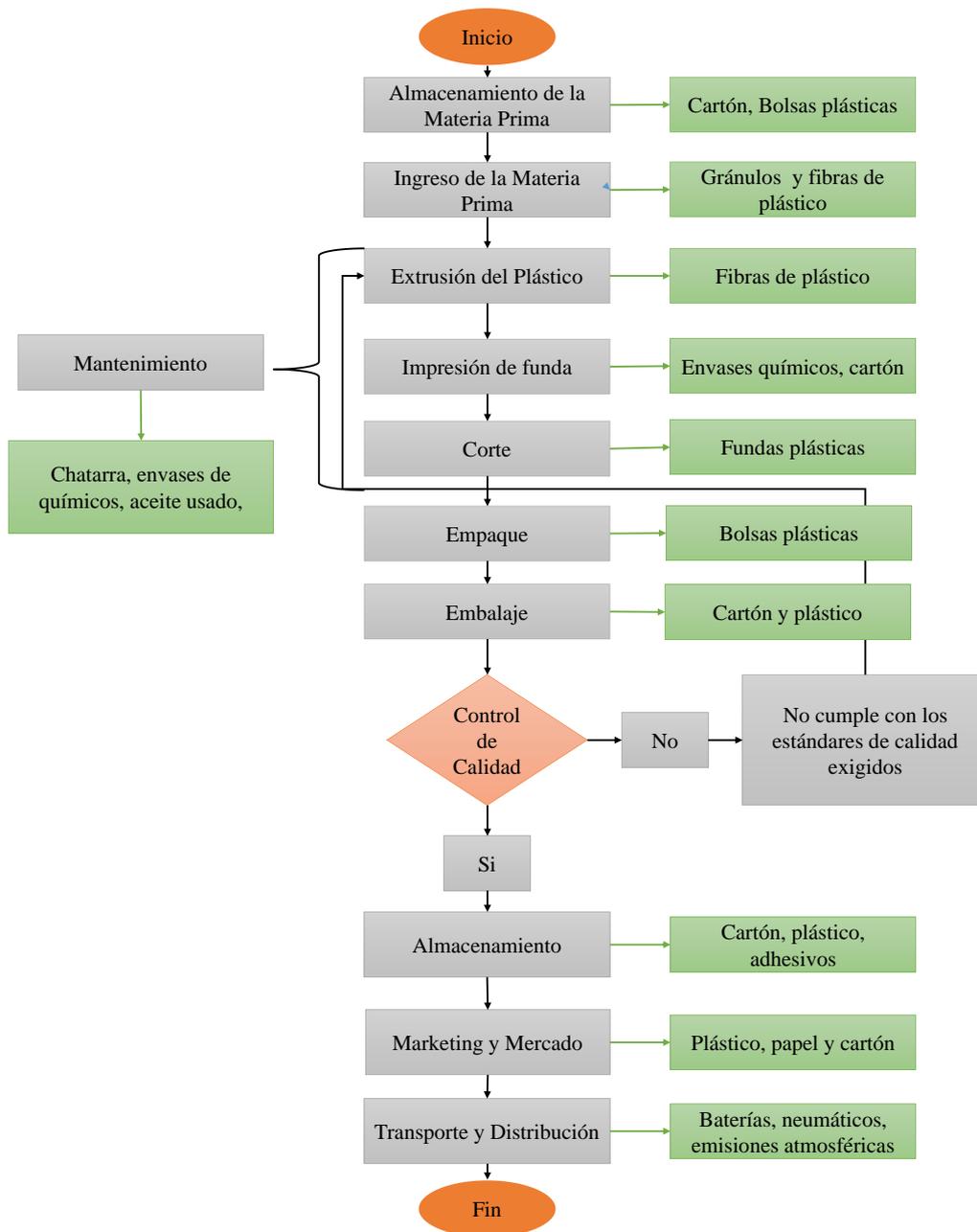


Figura 8. Diagrama de flujo de la empresa FLEXIFILM. Información tomada de la empresa FLEXIFILM. Elaborado por la autora.

Cálculo de la tasa de generación de desechos de la empresa PLASTLIT S.A.

Para la caracterización de los desechos del sector se tomó a Plásticos del Litoral PLASTLIT S.A. como empresa objeto de estudio.

La empresa propia del sector C-22 en la fabricación de sus productos genera desechos peligrosos y no peligrosos. En promedio el volumen de desechos que genera la empresa alcanza las 4 680 toneladas cada año, estos desechos están conformados por basura común y desperdicios que no son reciclables (Álvarez, 2018)

Respecto a los desechos peligrosos se tiene un total de 14,99 toneladas al año que genera la empresa, en la tabla 1 se detalla el tipo de desecho y la cantidad aproximada en toneladas (t) (Álvarez, 2018).

Tabla 4. Desechos peligrosos de una empresa de productos plásticos.

Tipo de Desecho	Cantidad Aproximadamente en T
Desechos de la destilación de solventes	11,29
Aceites minerales usados	3,36
Desechos bio-peligrosos de la atención médica	0,04
Filtros usados de aceite mineral	0,05
Material absorbente con hidrocarburos (waipes, paños, etc)	0,02
Luminarias, lámparas, tubos fluorescentes, etc	0,23
Total	14,99

Información tomada de la Auditoría Ambiental de la empresa PLASTLIT S.A. Elaborado por la autora.

Estimación del volumen de desechos generados por la lista del sector manufacturero C-22.

La empresa propia del sector C-22 PLASTLIT S.A. objeto de estudio genera 4.695 toneladas de desechos peligrosos y no peligrosos en su producción anual, para la estimación de los desechos del sector se asumirá el mismo comportamiento para las empresas grandes:

Cálculo de desechos de las empresas grandes

- **Desechos por zona**

$$d_s = D_m \times E_s$$

Donde:

d_s: Desechos que genera el sector

D_m: Desechos de la industria manufacturera

E_s: # de empresas del sector

$$d_s = 4.695T \times 47 \text{Empresas}$$

$$d_s = 220.665 \text{ toneladas. empresas}$$

Cálculo de desechos de empresas pymes

Para el cálculo del volumen de desechos que generan las 319 empresas Pymes se asumió una relación con respecto a las 47 empresas grandes del sector, que una vez

dividiendo es aproximadamente de 6 a 1 es decir cada empresa Pyme genera anual mente 782,5 T.

$$d_s = 782,5 T \times 319 \text{Empresas}$$

$$d_s = 249.617,5 \text{toneladas. empresas}$$

Cálculo de desechos de las microempresas

En base a lo desarrollado anteriormente para el cálculo del desecho de las 163 microempresas se asumió una relación con respecto a las 47 empresas grandes del sector, que una vez dividiendo es aproximadamente de 3 a 1 es decir cada empresa microempresa genera anual mente 1565 T.

$$d_s = 1.565T \times 163 \text{Empresas}$$

$$d_s = 255.095 \text{toneladas. empresas}$$

Estimación del volumen de desechos generados por la zona 8

Para el cálculo de las empresas de la zona 8 se asumió la misma relación respecto a la producción anual de desechos de la empresa de estudio de 4695 T de desechos al año.

Cálculo de las empresas grandes

En la zona 8 existen alrededor de 24 empresas grandes, partiendo de la relación antes mencionada para el cálculo del volumen de desechos de las empresas grandes se tiene:

$$d_s = 4.695T \times 24 \text{Empresas}$$

$$d_s = 112.680 \text{toneladas. empresas}$$

Cálculo de las empresas Pymes

En la zona 8 existen alrededor de 150 Pymes, partiendo de la relación antes mencionada para el cálculo del volumen de desechos de las empresas grandes se tiene:

$$d_s = 782,5 T \times 158 \text{Empresas}$$

$$d_s = 124.109 \text{toneladas. empresas}$$

Cálculo de las microempresas

En la zona 8 existen alrededor de 97 microempresas y partiendo de la relación antes mencionada para el cálculo del volumen de desechos de las empresas grandes se tiene:

$$d_s = 1.565T \times 97 \text{Empresas}$$

$$d_s = 151.805 \text{toneladas. empresas}$$

2.2.3. Clasificación del sector C-22 de fabricación de productos de plástico.

El plástico se ha convertido parte de nuestro día a día ya que ha reemplazado a otros materiales por sus características de durabilidad, higiene, permeabilidad, adicional es de bajo costo y peso. Las botellas y envases de plástico que en su mayoría están hechos de tereftalato

de polietileno (PET), material derivado del petróleo crudo, el cual es difícil de degradar por los microorganismos y tarde aproximadamente 100 años en desaparecer (Trujillo Rubiano & Abello García, 2018).

En el Ecuador según la clasificación del sector C-22 de las 529 empresas manufactureras las perteneciente al código C-2220 “Fabricación de productos de plástico” precisamente son un total de:



Figura 9. Total de empresa manufactureras de plástico por tamaño. Elaborado por la autora.

La figura 9 representa el total de 446 empresas manufactureras del país dedicadas a la fabricación de productos de plástico (C2220) donde son las pymes quienes tienen su mayor participación en el mercado.

2.2.3.1. Clasificación del tamaño de las empresas por región. En la tabla 5 se detalla la cantidad de empresas que existen por región:

Tabla 5. Empresas de fabricación de productos de plástico.

Empresas de Fabricación de Productos de Plástico	
Region	Total
Costa	279
Guayas	256
Manabí	13
El Oro	7
Esmeraldas	1
Los Ríos	1
Santa Elena	1
Sierra	166
Pichincha	135

Azuay	15
Tungurahua	9
Imbabura	3
Santo Domingo de los Tsáchilas	3
Cotopaxi	1
Oriente	1
<hr/>	
Sucumbíos	1
Total	446

Información tomada de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. Elaborado por la autora.

Siendo la costa, la región con el mayor número de empresas entre grandes, pymes y micros, con un total de 279 la que tiene mayor participación en el mercado, siguiendo por la sierra con un total de 166 empresas y el oriente la región más baja ya que participa en el mercado con 1 empresa.



Figura 10. Empresas de fabricación de productos de plástico por provincia. Elaborado por la autora.

2.2.3.2. Desechos típicos de subsector fabricación de productos de plástico. En la fabricación de productos de plásticos según (PiPP, 2021) y (Trujillo Rubiano & Abello García, 2018) se generar los siguientes desechos:

- Polietileno tereftalato (PET).
- Polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE).
- Policloruro de vinilo (PVC).
- Polietileno de baja densidad (PEBD/LDPE).
- Polipropileno (PP).
- Poliestireno (PS).
- Cartón.

- Bolsas plásticas.
- Residuos de acero.
- Residuos de moldes.
- Residuos orgánicos generados en las diferentes áreas.

2.2.4. Clasificación del subsector C-22 de fabricación de productos de caucho.

Dentro del C-22 “Fabricación de productos de plástico y caucho”, clasificada por los códigos C2211 fabricación de cubierta y cámaras de caucho, recauchado y renovación de cubierta de caucho y C2219 fabricación de otros productos de caucho se tiene:

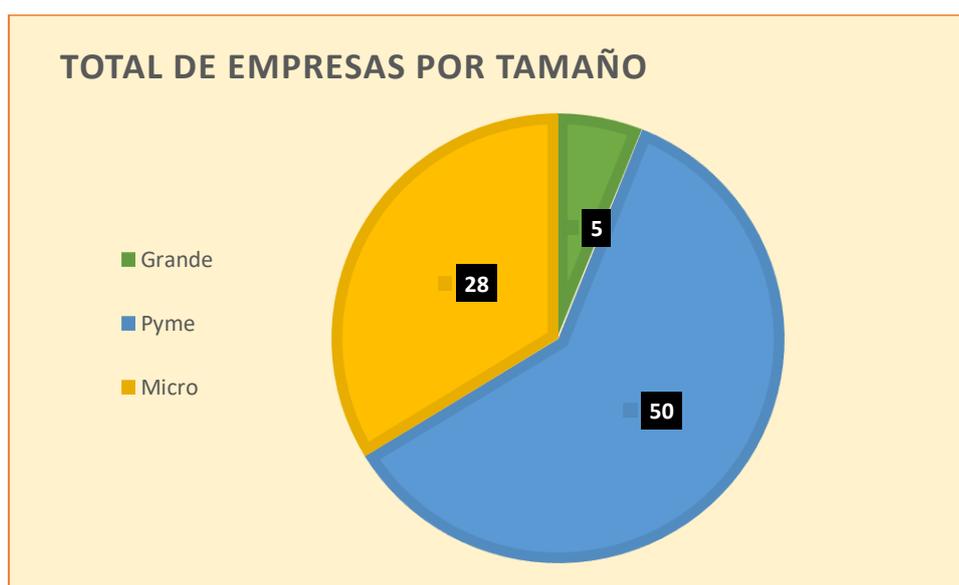


Figura 11. Total de empresas manufactureras de productos de caucho por tamaño. Elaborado por la autora.

La figura 11, detalla la clasificación de los subsectores de fabricación de productos de caucho con total 83 empresas distribuidas en 50 pymes, 28 micro y 5 grandes, representando un 15,69 % de participación en el mercado, a diferencia del subsector fabricación de productos de plástico que tiene 446 empresas (entre pymes, micro y grandes) representando un 84,31% dentro de la participación de subsector C-22 en el mercado.

2.2.4.1. Clasificación del tamaño de las empresas por región. En la tabla 6 se clasifican las empresas por región:

Tabla 6. Empresas de fabricación de productos de caucho.

Empresas de Fabricación de Productos de Caucho	
Region	Total
Sierra	46
Pichincha	27
Azuay	12

Tungurahua	5
Imbabura	1
Loja	1
Costa	37
Guayas	30
El Oro	5
Esmeraldas	1
Manabí	1
Total	83

Información tomada de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. Elaborado por la autora.

A diferencia del subsector Fabricación de productos de plástico, en este subsector C2211 y C2219 es la sierra la región con mayor número de empresas, ya que participa en el mercado con 46 (entre pymes, micros y grandes) representando 55,42% a diferencia de la costa que representa 44,58%.

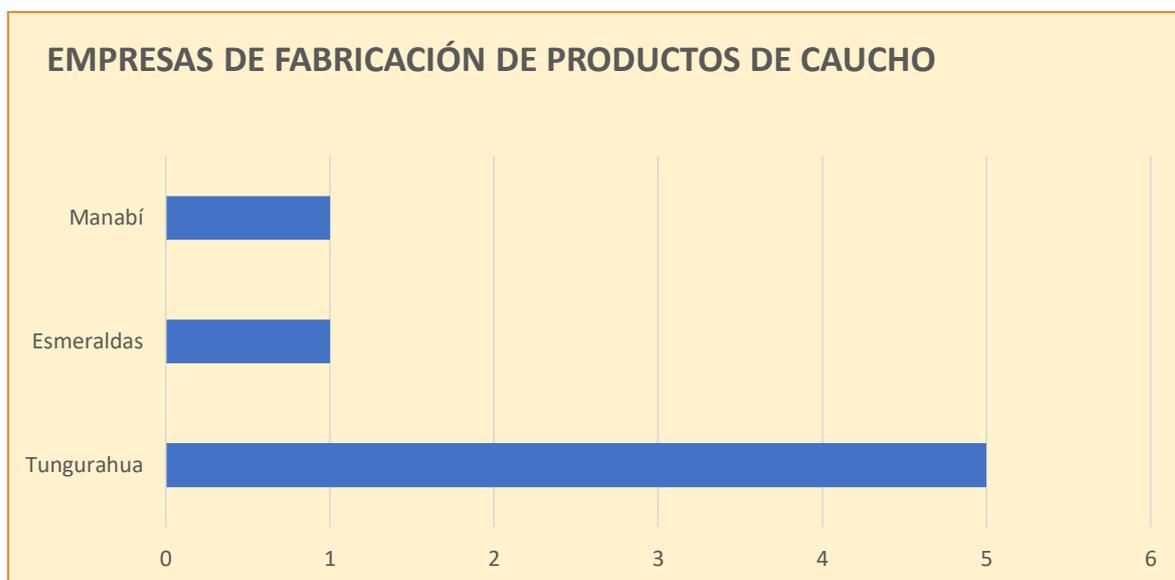


Figura 12. Empresas de fabricación de productos de caucho. Elaborado por la autora.

2.2.4.2. Desechos típicos del subsector fabricación de productos de caucho. En la fabricación de productos a base de caucho según (Contreras Clavijo & Mesa Rodríguez, s. f.) se generan los siguiente desechos:

- Cintas.
- Embalaje de plástico.
- Cartones.
- Tapas, tapones.
- Bandas.
- Láminas de plásticos.
- Caucho endurecido.

- Desechos orgánicos.
- Látex.

2.2.5. Estimación de los desechos generados en el sector C-22.

Una vez realizada una exhaustiva búsqueda de datos estadísticos que sirvan para estimar el volumen de desechos que genera el subsector C-22 Fabricación de productos de plástico y caucho, por consecuencia de la escasez de la información se tomará como referencia las estadísticas publicadas en el INEN en la Encuesta Estructura Empresarial (ENESEM) de estimaciones del año 2020.

En la encuesta ambiental publicada en el INEN detalla (ENESEM, 2021) que en el año 2019 el país contaba con 14.386 empresas y a comparación del año 2020 nos relata (ENESEM, 2022) las empresas se redujeron a 12.238 empresas, siendo este dato necesario para estimar la participación del C-22 en cuanto a los desechos generados.

El (ENESEM, 2022) detalla además que de las 12.238 empresas se logró calcular los desechos peligrosos y no peligrosos solo de 11.758 ya que no se toma en cuenta a las micro empresas, siendo el total de desechos generados entre las pequeñas, medianas y grandes 13,728.70 kilotoneladas (KT), por lo que podemos decir que de este total de las industrias manufactureras produjo aproximadamente 1929.58 KT.

- **Desechos a nivel nacional**

$$D_m = \frac{Dt}{E}$$

Donde:

D_m: Desechos de la industria manufacturera

Dt: Total de desechos generados por año

E: Total de empresas de la industria manufacturera

- **Desechos por zona**

$$d_s = D_m \times E_s$$

Donde:

d_s: Desechos que genera el sector

D_m: Desechos de la industria manufacturera

E_s: # de empresas del sector

Una vez obtenidas las expresiones matemáticas podemos calcular el total de desechos que genera aproximadamente la industria manufacturera:

$$D_m = \frac{Dt}{E} \rightarrow \frac{1929.58 \text{ KT}}{1707 \text{ empresas}} = 1.13 \text{ KT/empresa}$$

Cada empresa manufacturera produce alrededor de 1,130 kilos de desechos al año.

Como se detalló en la figura 4 en el sector CIU C-22 existen 529 empresas entre micro, pymes y grandes, ya que en ENESEM no detalla información sobre las micro se tomará en cuenta un total de 366 empresas clasificadas es 311 empresas de fabricación de productos de plástico y 55 empresas manufactureras de productos de caucho.

Fabricación de productos de plástico:

Tabla 7. Desechos típicos de la fabricación de productos de plásticos en kilotoneladas.

Desechos no peligros	Año 2020
Orgánicos	22,95
Chatarra liviana	9,45
Otros desechos	22,32
Total de desechos no peligros	54,72
Desechos peligrosos	
Envases vacíos de agroquímicos	0,29
Equipos eléctricos y electrónicos en desuso	0,17
Otros desechos especiales	0,14
Total desechos peligrosos	0,6
Total de Desechos	55,32

Información tomada del (INSTITUTO NACIONALDE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (INEC)). Elaborado por la autora.

$$D_m = \frac{Dt}{E} \rightarrow \frac{55,32 \text{ KT}}{311 \text{ empresas}} = 0.17 \text{ KT/empresa}$$

Fabricación de productos de caucho:

Tabla 8. Desechos típicos de la fabricación de productos de caucho en kilotoneladas.

Desechos no peligros	Año 2020
Orgánicos	22,95
Chatarra liviana	9,45
Chatarra pesada	9,23
Otros desechos	22,32
Total de desechos no peligros	63,95
Desechos peligrosos	
Neumáticos usados	6,26
Equipos eléctricos y electrónicos en desuso	0,17
Otros desechos especiales	0,14
Total desechos peligrosos	6,57
Total de Desechos	70,52

Información tomada del (INSTITUTO NACIONALDE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (INEC)). Elaborado por la autora.

$$D_m = \frac{Dt}{E} \rightarrow \frac{70,52 \text{ KT}}{55 \text{ empresas}} = 1,28 \text{ KT/empresa}$$

Es decir que el sector CIU C-22 genera 1.45 KT/empresa, es decir que las 366 empresas generan un total de 530,7 kilotoneladas aproximadamente al año en la fabricación de productos de plástico y caucho.

2.3. Presentación de resultados y diagnósticos.

Una vez estimado la generación de desechos del sector C-22 a nivel nacional se hará un análisis en la zona 8 formado por los cantones Guayaquil, Samborondón y Durán.

2.3.1. Presentación de resultados en la fabricación de productos de plástico en la zona

8.

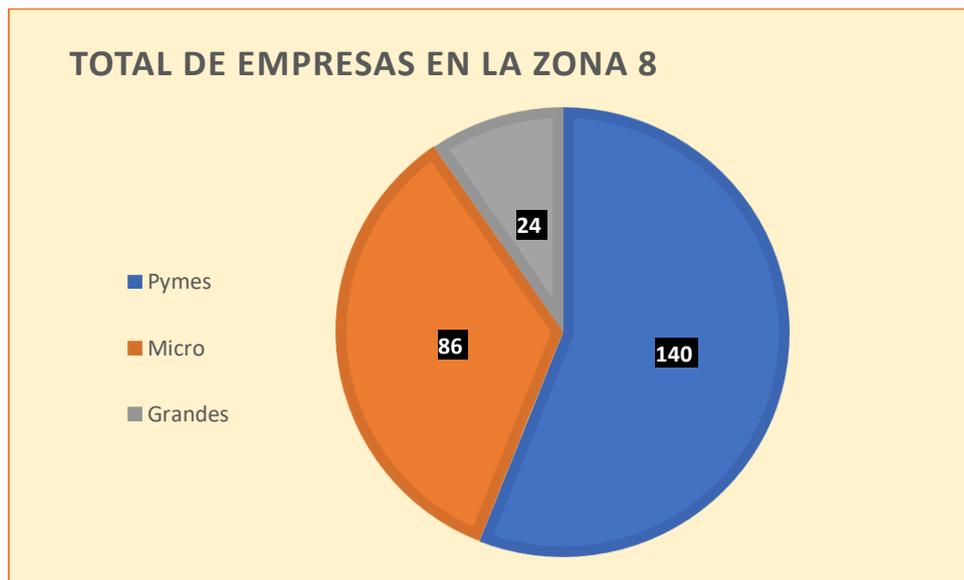


Figura 13. Total de empresas manufactureras de plástico en la zona 8. Elaborado por la autora.

En la figura 13 se observa la clasificación de las empresas en la zona 8 y teniendo en cuenta la información antes descrita y recalando que solo se toma en cuenta las pymes y grandes empresas es decir 164, se procede a calcular los desechos generados por la producción de plástico en la zona 8.

$$d_s = D_m \times E_s \rightarrow 0,17 \frac{kT}{\text{empresa}} \times 164 \text{ empresas} = 27,71 \text{ kT}$$

Estimando que la fabricación de productos de plástico en 163 empresas (pymes y grandes), genera aproximadamente 27,71 Kilotoneladas de desechos en la zona 8.

2.3.2. Presentación de resultados en la fabricación de productos de caucho en la zona

8.



Figura 14. Total de empresas manufactureras de caucho en la zona 8. Elaborado por la autora.

En la figura 14 se observa la clasificación de las empresas en la zona 8 recalcando que solo se toma en cuenta las pymes es decir 18 empresas dedicadas a la fabricación de productos de caucho, se procede a calcular los desechos generados por la producción de plástico en la zona 8.

$$d_s = D_m \times E_s \rightarrow 1,28 \frac{kT}{\text{empresa}} \times 11 \text{ empresas} = 14,08 \text{ kT}$$

Estimando que la fabricación de productos de caucho en 11 empresas (pymes), genera aproximadamente 23 Kilotoneladas de desechos en la zona 8.

2.3.3. Presentación de resultados en el sector C-22.

Tomando en cuenta que la fabricación de plásticos genera aproximadamente 27.71 Kilotoneladas y la fabricación de productos de caucho genera un estimado de 14,08 Kilotoneladas se puede deducir que el sector C-22 Fabricación de productos de plástico y caucho genera aproximadamente un total de 41,79 KT.

Tomando como referencia la tabla 5, se va a determinar el porcentaje de cada tipo de desechos generados por el sector, así como también cuál es la participación de la zona 8.

Tabla 9. Desechos típicos del sector C-22 en la zona 8.

Desechos no peligros	Año 2020	% Desechos	Participación de la Zona 8
Orgánicos	22,95	32,52%	13,31
Chatarra liviana	9,45	13,40%	5,48
Chatarra pesada	9,23	13,08%	5,35
Otros desechos	22,32	31,65%	12,95
Total de desechos no peligros	63,95	90,65%	37,09

Desechos peligrosos			
Neumáticos usados	6,26	8,87%	3,63
Equipos eléctricos y electrónicos en desuso	0,17	0,24%	0,10
Otros desechos especiales	0,14	0,20%	0,08
Total desechos peligrosos	6,57	9%	3,81
Total de Desechos	70,52	100%	41,79

Información tomada del (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (INEC)). Elaborado por la autora.

2.3.4. Cumplimiento de las metas ambientales en el Ecuador.

El Ecuador tiene planteado ocho objetivos específicos según el ministerio de ambiente y agua, en el sector C-22 “Fabricación de productos de plástico y agua” los objetivos que aplican a este sector son:

- El Objetivo 2: Incrementar el buen uso de los recursos naturales, incentivando un cambio cultural y bío-económico en la gestión ambiental, social, comunitaria y del agua (Guerrero, s. f.).
- El Objetivo 3: Disminuir la contaminación ambiental y del recurso hídrico (Guerrero, s. f.).
- El Objetivo 4: Incrementar las buenas prácticas de adaptación y mitigación al cambio climático (Guerrero, s. f.).
- El Objetivo 5: Incrementar la gestión ambiental y del agua en el marco de la cooperación internacional (Guerrero, s. f.).

2.3.5. Convenios ambientales internacionales ratificado por Ecuador.

Ecuador a lo largo de los años ha firmado convenios ambientales internacionales con el fin de contribuir a un desarrollo sustentable

Acuerdo de París: el acuerdo tiene objetivos a largo plazo, pretende mantener la temperatura mundial por debajo de 2°C, con preferencia de límite de 1.5°C, el acuerdo de París se revisa cada 5 años el compromiso de cada país y si un país en desarrollo quiere pertenecer al acuerdo, se brinda apoyo financiero (Acuerdo de París, s. f.).

Convenio Ambiental de Basilea: su principal objetivo es proteger al ambiente y salud humana con respecto al mal manejo de los residuos cuando son exportados o movidos entre dos o más países, es decir que obliga a las partes involucradas a regular los desechos y residuos que sean movidos de un lugar a otro, sean manejados y eliminados de una manera sustentable (Convenio Ambiental de Basilea, s. f.).

Convenio de Estocolmo: establece un fuerte régimen respecto al aumento de COP que amenaza a todos los seres vivos, en él se plantean una serie de controles respecto a la producción, distribución, uso y eliminación, es decir está aplicado durante todo el ciclo de vida del producto (Convenio de Estocolmo, s. f.).

Convenio de Minamata sobre el Mercurio: el convenio tiene como principal objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente, de las emisiones, liberaciones antropógenos del mercurio (Convenio de Minamata sobre el Mercurio, s. f.).

Convenio de Rotterdam: tiene como objetivo promover la responsabilidad compartida en el comercio internacional de ciertos productos químicos que son peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente haciendo frente a futuros daños y consumir de manera racional (Convenio de Rotterdam, s. f.).

El sector C-22 Fabricación de productos de plástico y caucho tiene participación en el acuerdo de París ya que la transformación de la materia prima, el transporte y distribución, tiene un aporte considerable de carbono, solo la maquinaria requiere del uso de carbono y las emisiones del mismo causan efectos de gases de invernadero, también participa en el convenio de Estocolmo ya que el sector también tiene una responsabilidad en cuanto a la producción, distribución, consumo y eliminación de los productos de plástico y caucho, ya que son los principales contaminantes del ambiente, otro convenio en el cual participa el sector C-22 es el convenio de Minamata sobre el Mercurio, ya que muchos tubos de plástico son recubiertos con estas materias que es muy perjudicial tanto para la salud de los seres humanos como el ambiente.

2.3.6. Huella de carbón el sector C-22.

La Huella de carbono es la totalidad de gases de efecto de invernadero emitidos por efectos directo o indirecto de un individuo, organización, evento.

Para el cálculo de la huella de carbono del sector del plástico se tomó la información de la empresa objeto de estudio en la que detalla:

Consumo de agua al año es de 32.471 m³, el consumo de energía eléctrica es 12'507.829 KW/h y el consumo de combustibles que en la fabricación de productos se utiliza diésel con un consumo anual de 38.351 gal y GLP que al año consume 29.50 litros (Alvarez, 2018).

Fórmula para el cálculo de la huella de carbono:

$$HC = DA * Fe$$

Huella de carbono de consumo de energía eléctrica:

- **DA**= Consumo total de energía eléctrica = 12'507.829 KW/h (facturación anual)

- Fe= Factor de emisión de electricidad = 0.290 kg de CO2
- HC→ Huella de Carbono (kgCO2)

$$HC = 12'507.829 \frac{KW}{h} * 0,290 \frac{KgCO_2}{KW/h}$$

$$HC = 3'627.270,41 KgCO_2$$

Huella de carbono de consumo de agua:

- DA= Consumo total de agua = 32.471 m3(facturación anual)
- Fe= Factor de emisión de agua = 8 kg de CO2
- HC→ Huella de Carbono (kgCO2).

$$HC = 32.471m^3 * 8 \frac{KgCO_2}{m^3}$$

$$HC = 259.768 KgCO_2$$

Huella de carbono de consumo de diésel:

- DA= Consumo total de diésel= 38.351 gal (facturación anual)
- Fe= Factor de emisión de agua = 10,15 kg de CO2
- HC→ Huella de Carbono (kgCO2).

$$HC = 38.351gal * 10,15 \frac{KgCO_2}{gal}$$

$$HC = 389.262,65 KgCO_2$$

Huella de carbono de consumo del GLP:

- DA= Consumo total de GLP= 29.150 litros (facturación anual)
- Fe= Factor de emisión de agua = 1,656 kg de CO2
- HC→ Huella de Carbono (kgCO2).

$$HC = 29.150 L * 1,656 \frac{KgCO_2}{L}$$

$$HC = 48.272,4 KgCO_2$$

Tabla 10. Cálculo de la Huella de Carbono a nivel nacional.

Tamaño de las empresas	Tipo de consumo	Fe	Cálculo de la HC
			$HC = 32.471m^3 * 8 \frac{KgCO_2}{m^3}$
Grandes	Agua	8 kg CO2	$HC = 259.768 KgCO_2$
			$HC_{total} = 259.768 KgCO_2 * 47e$
			$HC_{total} = 12'209.096 KgCO_2 * e$

			$HC = 12'507.829 \frac{KW}{h}$ $* 0,290 \frac{KgCO_2}{KW/h}$
			$HC = 3'627.270,41 KgCO_2$
	Energía Eléctrica	0.290 KgCO2	$HC_{total} = 3'627.270,41 KgCO_2$ $* 47e$ $HC_{total} = 170'481.709,3KgCO_2$ $* e$
	Combustible Diésel	10.15 KgCO2e/gal	$HC = 38\ 351gal * 10,15 \frac{KgCO_2}{gal}$ $HC = 389.262,65KgCO_2$ $HC = 389.262,65KgCO_2 * 47e$ $HC = 18\ 295\ 485,55KgCO_2 * e$
	Combustible GLP	1.656KgCO2e/L	$HC = 29\ 150 L * 1,656 \frac{KgCO_2}{L}$ $HC = 48\ 272,4 KgCO_2$ $HC = 48\ 272,4 KgCO_2 * 47e$ $HC = 2268802,8KgCO_2 * e$
Pymes	Agua	8 kg CO2	$HC = 259.768KgCO_2$ $HC = \frac{259\ 768KgCO_2}{6}$ $HC = 43\ 294,67KgCO_2 * 319e$ $HC = 13\ 810\ 998,67KgCO_2 * e$

			$HC = 3\,627\,270,41\ KgCO_2$ $HCt = \frac{3\,627\,270,41\ KgCO_2}{6}$
	Energía Eléctrica	0.290 KgCO2	$HCt = 604\,545,07KgCO_2 * 319e$ $HCt = 192\,849\,876,8KgCO_2 * 319e$
	Combustible Diésel	10.15 KgCO2e/gal	$HC = 389\,262,65KgCO_2$ $HCt = \frac{389\,262,65\ KgCO_2}{6}$ $HCt = 64877,12KgCO_2 * 319e$ $HCt = 20\,695\,797,56KgCO_2 * e$
	Combustible GLP	1.656KgCO2e/L	$HC = 48\,272,4\ KgCO_2$ $HCt = \frac{48\,272,4KgCO_2}{6}$ $HCt = 8045,4KgCO_2 * 319e$ $HCt = 2\,566\,482,6KgCO_2 * e$
	Agua	8 kg CO2	$HC = 259.768KgCO_2$ $HC = \frac{259\,768KgCO_2}{3}$ $HC = 86\,589,33KgCO_2 * 163e$ $HC = 14\,114\,061,33KgCO_2 * e$
Micros	Energía Eléctrica	0.290 KgCO2	$HC = 3\,627\,270,41\ KgCO_2$ $HCt = \frac{3\,627\,270,41\ KgCO_2}{3}$ $HCt = 1\,209\,090,14KgCO_2 * 163e$ $HCt = 197081692,3KgCO_2 * e$
	Combustible Diésel	10.15 KgCO2e/gal	$HC = 389\,262,65KgCO_2$ $HCt = \frac{129754,22\ KgCO_2}{3}$

$$HCt = 129754,22KgCO_2 * 163e$$

$$HCt = 21\ 149\ 937,32KgCO_2 * e$$

Combustible
GLP 1.656KgCO2e/L

$$HC = 48\ 272,4\ KgCO_2$$

$$HCt = \frac{48\ 272,4KgCO_2}{3}$$

$$HCt = 16090,8KgCO_2 * 163e$$

$$HCt = 2\ 622\ 800,4KgCO_2 * e$$

Elaborado por la autora.

Se calculo la huella del carbono de la zona 8, en la tabla 11 se detalla el cálculo de cada consumo.

Tabla 11. *Cálculo de la Huella de Carbono de la zona 8.*

Tamaño de las empresas	Tipo de consumo	Fe	Cálculo de la HC
	Agua	8 kg CO2	$HC = 32\ 471m^3 * 8 \frac{KgCO_2}{m^3}$ $HC = 259.768KgCO_2$ $HCtotal = 259.768KgCO_2 * 24e$ $HCtotal = 6\ 234\ 432KgCO_2 * e$
Grandes	Energía Eléctrica	0.290 KgCO2	$HC = 12\ 507\ 829 \frac{KW}{h}$ $* 0,290 \frac{KgCO_2}{KW/h}$ $HC = 3\ 627\ 270,41\ KgCO_2$ $HCtotal = 3\ 627\ 270,41\ KgCO_2$ $* 24e$ $HCtotal = 87\ 054\ 489,84KgCO_2 * e$
	Combustible Diésel	10.15 KgCO2e/gal	

$$HC = 38\,351 \text{ gal} * 10,15 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{gal}}$$

$$HC = 389\,262,65 \text{ KgCO}_2$$

$$HC = 389\,262,65 \text{ KgCO}_2 * 24e$$

$$HC = 9\,342\,303,6 \text{ KgCO}_2 * e$$

$$HC = 29\,150 \text{ L} * 1,656 \frac{\text{KgCO}_2}{\text{L}}$$

Combustible
GLP 1.656KgCO₂e/L

$$HC = 48\,272,4 \text{ KgCO}_2$$

$$HC = 48\,272,4 \text{ KgCO}_2 * 24e$$

$$HC = 1\,158\,537,6 \text{ KgCO}_2 * e$$

$$HC = 259.768 \text{ KgCO}_2$$

Agua 8 kg CO₂

$$HC = \frac{259\,768 \text{ KgCO}_2}{6}$$

$$HC = 43\,294,67 \text{ KgCO}_2 * 150e$$

$$HC = 6\,494\,200,5 \text{ KgCO}_2 * e$$

$$HC = 3\,627\,270,41 \text{ KgCO}_2$$

Pymes

Energía
Eléctrica 0.290 KgCO₂

$$HCt = \frac{3\,627\,270,41 \text{ KgCO}_2}{6}$$

$$HCt = 604\,545,07 \text{ KgCO}_2 * 150e$$

$$HCt = 90\,681\,760,5 \text{ KgCO}_2 * e$$

$$HC = 389\,262,65 \text{ KgCO}_2$$

Combustible
Diésel 10.15
KgCO₂e/gal

$$HCt = \frac{389\,262,65 \text{ KgCO}_2}{6}$$

$$HCt = 64\,877,12 \text{ KgCO}_2 * 150e$$

$$HCt = 9\,731\,568 \text{ KgCO}_2 * e$$

Combustible
GLP 1.656KgCO₂e/L

$$HC = 48\,272,4 \text{ KgCO}_2$$

			$HCt = \frac{48\,272,4KgCO_2}{6}$ $HCt = 8045,4KgCO_2 * 150e$ $HCt = 1\,206\,810KgCO_2 * e$
			$HC = 259.768KgCO_2$ $HC = \frac{259\,768KgCO_2}{3}$
	Agua	8 kg CO2	$HC = 86\,589,33KgCO_2 * 97e$ $HC = 18\,099\,165,01KgCO_2 * e$
			$HC = 3\,627\,270,41\,KgCO_2$ $HCt = \frac{3\,627\,270,41\,KgCO_2}{3}$
	Energía Eléctrica	0.290 KgCO2	$HCt = 1\,209\,090,14KgCO_2 * 97e$ $HCt = 117\,281\,743,6KgCO_2 * e$
Micros			$HC = 389\,262,65KgCO_2$ $HCt = \frac{129754,22\,KgCO_2}{3}$
	Combustible Diésel	10.15 KgCO2e/gal	$HCt = 12975KgCO_2 * 97e$ $HCt = 1\,258\,575KgCO_2 * e$
			$HC = 48\,272,4\,KgCO_2$ $HCt = \frac{48\,272,4KgCO_2}{3}$
	Combustible GLP	1.656KgCO2e/L	$HCt = 16090,8KgCO_2 * 97e$ $HCt = 1\,560\,807,6KgCO_2 * e$

Elaborado por la autora.

2.3.6. Aplicación de la norma de responsabilidad social.

Las 529 empresas que pertenecen al sector C-22 Fabricación de productos de plástico y caucho, tienen una responsabilidad social, la producción sostenible deberían ser considerada

una de las pautas más importantes. Las empresas que quieran tener un alto reconocimiento en cuanto a responsabilidad social para el sector C-22 es necesario la aplicación de las normas ISO 26000 y la ISO 14001.

ISO 26000:2010

Esta norma detalla la responsabilidad de las empresas de contemplar todo el ciclo de vida de sus productos en todo lo que es la cadena de suministro con un enfoque ambientalista contribuyendo al buen uso de los recursos naturales, los ecosistemas, el buen manejo de los desechos generados en cada etapa del ciclo de vida, dando pautas de qué hacer si existen impactos ambientales.

Para que las empresas del sector C-22 sean empresas responsables en la norma descrita, se debe cumplir con los siguientes parámetros respecto al medio ambiente:

- En el punto 6.5.2.2 Consideraciones, la norma (ISO 26000, 2010) detalla el enfoque al ciclo de vida estableciendo como objetivo la reducción de los impactos ambientales de los productos y servicios, logrando mejorar el desempeño socioeconómico, durante el ciclo de vida, desde la extracción de materias primas y el refinado, luego pasando por su producción y hasta el uso que es la disposición final, para finalmente la recuperación.
- La norma (ISO 26000, 2010) en el punto 6.5.2.1 Principios, detalla la gestión de riesgos ambientales, en la que toda organización debería implementar programas desde una perspectiva de sostenibilidad basada en el riesgo para poder evaluar, reducir, mitigar los riesgos e impactos ambientales por las actividades de la empresa.
- Dentro del sector C-22 el punto 6.5.3.1 detallado en la norma (ISO 26000, 2010), respecto a la emisiones al aire por contaminantes como plomo, mercurio, compuestos orgánicos volátiles, entre otras, son sustancias agotadoras para la capa de ozono, pueden provocar impactos en la salud y en el medio ambiente, que afectan a los individuos de diferentes maneras, recomendable para el sector, ya que durante el transporte tanto de la materia prima, como la distribución de los productos, las emisiones de estos gases son uno de los principales causantes de los gases de efecto de invernadero.
- En el punto 6.5.3.1 de la norma (ISO 26000, 2010), es muy importante para sector manufacturero C-22 ya que debido al gran volumen de residuos que genera el sector en la norma se establece la correcta gestión de los residuos nos dice que si

se gestionan de manera incorrecta, podrían provocar la contaminación del aire, agua, tierra, suelo y espacio exterior. La gestión responsable de los residuos busca evitarlos, siguiendo la jerarquía de reducción de residuos que consiste en la reutilización, reciclado y reprocesamiento, tratamiento y disposición final de residuos. La reducción de residuos debería emplearse de forma más flexible tomando en cuenta el ciclo de vida.

ISO 14001:2015

La norma ISO 14001 a diferencia de la norma ISO 26000, es una norma que está en constante medición, con objetivos medibles, monitorearles y actualizados constantemente. Es por esta razón, que es una norma que permite la adecuación de la política ambiental haciendo que se asignen responsabilidades para alcanzar el enfoque medioambiental, de manera sistemática (Guerrero Forero & Orozco Bustos, 2022).

De la norma ISO 14001, para el sector C-22 se recomienda que las empresas tomen en cuenta:

- En la norma (ISO 14001, 2015) en el punto 6.1.2 Aspectos ambientales, es importante para el sector C-22 ya detalla que la organización debe determinar los aspectos ambientales de sus actividades, servicios o productos, a los que pueden controlar, e influir en la reducción de los impactos ambientales desde el enfoque del ciclo de vida.
- Además en el punto 6.1.3 se describen los requisitos legales (ISO 14001, 2015) que toda organización debe determinar y tener acceso a los requisitos legales, implemente, mantenga y mejore continuamente su sistema de gestión ambiental. La empresa debe tener información documentada del cumplimiento de los requisitos tanto legales como de otro tema.
- El punto 6.2.1 de la norma (ISO 14001, 2015) es de vital importancia para las empresas del sector C-22 ya que describe que la organización debe establecer objetivos ambientales para las funciones y niveles pertinentes, teniendo en cuenta los aspectos ambientales significativos de la organización y sus requisitos legales y otros requisitos asociados, y considerando sus riesgos y oportunidades, respecto a los desechos generados durante el ciclo de vida, deberían reportar sus datos cuantificable.

2.3.7. Industrias sostenibles del sector C-22

Se mencionó en el capítulo I que el sector C-22 es uno de los principales contaminantes a nivel nacional, sin embargo, hay algunas empresas lo hacen de manera sostenible como es el caso de:

Implastic SA, la empresa cuenta con una amplia línea de empaques para el hogar, comercio, industria y agricultura, contando con un portafolio de productos que incluyen una extensa gama de productos, rollos y fundas de plásticos de baja y alta densidad, como polipropileno. Para crear una manera de producción sostenible, Impastic incorporó plásticos termoestables reciclables como materia prima de sus productos, además proponer diseños ecológicos de productos y colaborativos al considerar a los clientes dentro del proceso de diseño, empleando las impresoras 3D y propiciando marketing directo (López Franco et al., 2018).

En Quito la empresa de reciclaje PET, una empresa que creció como una idea de darle otra vida a las botellas y en el 2010 se dice que recaudo alrededor de 2.000 toneladas mensuales solo en material PET (Zabala Celi, 2018).

Otra de las empresas que desatanca es Arca Continental con su idea de retornar las botellas plásticas, ya que es una de las empresas número uno en consumo de sus productos.

2.3.8. Economía Circular en el sector C-22.

La economía circular es un modelo económico que tiene por objeto mantener los materiales, los productos y componentes en procesos circulares mediante el ciclo de extracción-diseño-producción-reciclado, una vez que el producto cumpla con su ciclo de vida este sea reintegrado a la cadena de valor evitando que los materiales pierdan el menor valor posible (Garabiza et al., 2021).

En el sector C-22 las empresas que aplican este tipo de economía son:

Ecocaucho S.A, la empresa desde su inicio se formó con el lema “limpiemos el mundo”, su principal actividad es reutilizar productos en lugar de solo generar basura, de esta manera apoyan positivamente a la conservación del medio ambiente, en el 2020 la empresa logró recuperar alrededor de 329,117 neumáticos equivalentes a 2.863 toneladas de caucho, listo para reutilizarse en la fabricación de pisos de caucho, que es uno de sus principales productos (Garabiza et al., 2021).

Arca Continental una empresa de más de 93 años en el mercado, dirigida a la producción, distribución y venta de bebidas no alcohólicas de las marcas de The Coca-Cola Company, así como de piqueos salados y dulces con el nombre de Inalecsa. Debido a que el plástico se

ha convertido en uno de los principales contaminantes en todo el mundo y que en la empresa requiere de envases plásticos como las botellas que cuentan con un tiempo de vida útil relativamente corto, pero con un tiempo de degradación de aproximadamente 1.000 años. El destino de las botellas es realmente incierto cuando son desechadas de forma incorrecta contaminando el agua y amenazan la vida de la flora y fauna que se desarrolla entorno a ellos.

La empresa Coca Cola es una de las mayores contaminadoras de plástico en el mundo, por lo que en respuesta a ello impulsa la retornabilidad a través de sus embotelladoras a nivel mundial persigue como objetivo alcanzar en el año 2030 un mundo sin residuos, buscando recoger, reciclar y fabricar botellas 100 % reciclables que incluyan al menos un 50% de material reciclado (Garabiza et al., 2021).

Según nos dice (Garabiza et al., 2021) en el Ecuador por medio Arca Continental ha desarrollado múltiples iniciativas para cumplir sus objetivos, en el país, se suscribió al Pacto Economía Circular promovido por el gobierno del Ecuador, en el Acuerdo Nacional para el año 2030. Además, firmó un acuerdo de colaboración con el gobierno para motivar el empleo de envases retornables y la integración de mayor reciclaje en las Islas Galápagos. Entre otras iniciativas es que busca generar una cultura de reciclaje inclusivo y potenciar la recuperación de PET y el desarrollo integral de los recicladores. Posee muchos acuerdos con autoridades, como la red de recolectores en el acuerdo voluntario que busca la producción limpia. Arca Continental Ecuador ha logrado recuperar el 79% de las botellas e integrar una media de 25% de contenido reciclado en el 100%. Los esfuerzos de la organización se enfocan en incluir a la economía circular para la reducción de los residuos generados, incrementar el reciclaje de sus productos y en la integración con PetStar y ECOCE.

Capítulo III

Propuesta, Conclusiones y Recomendaciones

3.1. Diseño de la propuesta.

3.1.1. *Objetivo de la propuesta*

Analizar la aplicación de las diferentes tecnologías como posibles herramientas para reducir el volumen de desechos generados por el sector manufacturero C-22 en la fabricación de productos de plástico y caucho.

3.1.2. *Caracterización de los desechos del sector C-22.*

Para la caracterización de los desechos del sector se tomó la información descrita en la tabla 4 y las estimaciones de los desechos generados por las micros, pymes y grandes empresas, como base para las propuestas de tecnologías.

3.1.3. *Propuestas de tecnologías para el tratamiento de desechos del sector C-22.*

Plastikgas la primera planta piloto instalada en América del Sur en Cayambe, Ecuador, la empresa aplica nuevas tecnologías para la transformación de los plásticos en combustibles no contaminantes, que no generan ningún efecto secundario a la atmósfera (Plastics Technology, 2019).

La planta piloto instalada tiene una capacidad de procesar 7 T diarias de plástico y genera 50 mil galones de gasolina al mes. La tecnología que emplea la planta permite que el plástico se quemé en un reactor a temperatura de 800°C, luego se condensa el valor y se destila el combustible, parafina. GLP, queroseno, gasolina y diésel (Plastics Technology, 2019).

La planta Plastikgas puede transformar no solo las botellas plásticas, sino también sillas, tuberías, PVC, fundas, mascarillas, entre otros.

Lamentablemente la existencia de una sola planta no cubre el volumen de desechos del sector, ya que, si bien la planta procesa el plástico de manera general, falta los productos a base de caucho y otros tipos de plásticos que una vez finalizado su ciclo de vida terminan en vertederos, en fuentes hídricas o como emisión al ambiente por su quema.

En base a la estimación del volumen de desechos generados por el sector manufacturero C-22 a nivel nacional, se necesitarían implementar alrededor de 4 plantas de tecnologías.

Plastikgas que mediante la aplicación de la ingeniería inversa logra la transformación de los desechos plásticos en combustibles, para la ubicación se tendría 2 en la región Costa en la provincia de Guayas, ya que es la provincia en la que se encuentra la mayoría de empresas del sector.

La tecnología mediante una especie de micro refinería es capaz de transformar una tonelada de plástico en 1000 litros de combustible, la planta tiene una capacidad de procesar 7 toneladas de plástico y producir alrededor de 50 mil galones de gasolina de alto octanaje al mes.

La planta requiere alrededor de 50 empleados para que operen las diferentes máquinas y calderos que se emplean en la transformación. Tomando en cuenta la aplicación de esta tecnología para tratar el volumen de desechos generados a nivel nacional se necesitaría por lo menos 5 plantas en las provincias con más demanda de plástico.

En el mes de julio del 2022 la población económicamente activa según el INEN es alrededor de 8.6 millones de personas, el número de personas desempleadas es de 332 227, con la instalación de estas plantas se generaría aproximadamente 600 puestos de trabajo, contribuyendo así a reducir el nivel de desempleo en el Ecuador.



Figura 15. Planta Plastikgas. Información tomada de Plastics Technology

Para la estimación del costo agregado del combustible el Ing Gustavo Aguirre expuso que los costos de producción van entre \$0,65 y \$0,75 centavos, sin embargo, se debe tomar en cuenta que la implementación de esta planta tiene un costo que oscila alrededor de \$2 millones de dólares (Peralta, 2019).

Otras tecnologías aplicadas al sector C-22.

Máquina bio-recicladora: Es una tecnología muy fiable para empresas dedicadas a la fabricación de productos a base PET especialmente de botellas y envases para bebidas. La máquina bio-recicladora ayuda a receptor botellas de plástico al realizar el depósito de las mismas. Las empresas del subsector fabricación de productos de plástico, especialmente las que fabrican botellas PET, debería implementar está máquina como una manera de evitar la eliminación incorrecta de los envases, fomentando el reciclado al implementar un sistema de retorno en el que se obtiene materia prima, ayudando a la reducción de costo y ser sustentable con el ambiente.

La máquina bio-recicladora trabaja en conjunto con tres tipos de máquinas dedicadas al reciclado del PET la que compacta, la que tritura y la encargada de la granulación de los envases de PET. En otros países se usa mucho la máquina trituradora, con el fin de obtener materia prima de envases PET para la producción de cemento y ladrillos para la construcción.

La implementación de las máquinas bio-recicladoras logra recuperar aproximadamente 624 millones de botellas, mismas que pasan a los diferentes procesos de las máquinas para su transformación en gránulos de plásticos, regresando a formar parte de la materia prima, para la producción de más botellas u otros productos.

Según (Maquina bio-recicladora de plástico pet, 2021), para la ciudad de Azogues se requieren un total de 63 máquinas bio-recicladoras para la recuperación de las botellas, pero por situaciones financieras la investigación se centra en 30 máquinas que cubrirían solo el 47% de los desechos en botellas PET y con una proyección para 5 años.

En la tabla 11 se presenta el VAN con el propósito de evaluar la factibilidad de la implantación de las máquinas recicladoras para la ciudad de Azogues.

Tabla 12. Valor actual neto.

Año	Flujo de Efectivo Neto	
1	\$	9.735,08
2	\$	9.538,38
3	\$	11.264,88
4	\$	13.071,42
5	\$	74.333,75

Valor Inicial	\$	60.752,98
Tasa de descuento		12%
VAN	\$	14.047,20

Información tomada del emprendimiento de la máquina bio-recicladora en Azogues. Elaborado por la autora.

Además (Maquina bio-recicladora de plástico pet, 2021) calcula la tasa interna de retorno TIR como se muestra en la tabla 12 para ver si es fiable la implantación de las 30 máquinas.

Tabla 13. Tasa Interna de Retorno.

Año	Flujo de Efectivo Neto	
1	\$	9.735,08
2	\$	9.538,38
3	\$	11.264,88
4	\$	13.071,42
5	\$	74.333,75
Valor Inicial	\$	60.752,98
Tasa de descuento		12%
TIR		18,22%

Información tomada del emprendimiento de la máquina bio-recicladora en Azogues. Elaborado por la autora.

El cálculo de VAN y TIR para el emprendimiento de las 30 máquinas bio-recicladoras de botellas PET señalan que el proyecto es factible para la ciudad de Azogues, además a esto se le suma que no existen organizaciones de competencia en el mercado local.

Para el sector C-22 no solo beneficia a las empresas industriales de productos a base de PET, ya que como se mencionó existen un sinnúmero de máquinas que ayudan a compactar, triturar y granular el plástico, que podrían ayudar a fomentar el reciclaje.

Gránulos de caucho en mezclas asfálticas: En el 2015 en la ciudad de Bogotá, Colombia se incluyó el uso de tecnologías limpias para la construcción de vías con mezclas asfálticas, para la obtención de GCR se lo puede hacer por dos vías: seca y húmeda.

Por vía seca: Consiste en incorporar el material en forma de gránulos a la mezcla asfáltica caliente, es decir es la trituración de las llantas para la obtención de los gránulos. Esta vía usa dos tecnologías que son más conocidas según nos describe (Galarcio Africano, 2019) son: PlusRide y la Genérica o TAK. La tecnología PlusRide fue desarrollada en Suecia, pero fue registrada en Estados Unidos bajo este nombre, consiste

en agregar partículas de gránulos de caucho en proporciones que van de 1 a 3% del peso total de agregados como una pequeña parte del agregado fino.

Por vía húmeda: Esta tecnología se caracteriza por mezclarse al cemento asfáltico directamente, a diferencia por vía seca que se mezclaba a los agregados de mezcla asfáltica, esta tecnología consiste básicamente en transformar a la materia prima (caucho triturado) en una mezcla viscosa que se incorpora en el cemento. Aunque es una tecnología innovadora, no fue factible para la ciudad de Bogotá por los costosa que resulta.

Colombia con el uso de la tecnología por vía seca para el año 2018 e inicios del 2019 logro incorporar alrededor del 52,47% de gránulos de caucho de un total estimado para el año 2018 de 11659,40 se utilizó un total de 6117,2 neumáticos.

	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	Total	%
MD12	994,1	829,5	1171,7	103,7	614,9		303,5	402,5	0	0	371,8	623,5	127	5542,2	47,54%
MD20															
GRC	510,8	1139,1	958,2	64,6	569,6		504,1	625,7	367,7	265	471,5	298,7	341,2	6116,2	52,46%
														11658,4	100,00%

Figura 16. Informe de la utilización de gránulos de caucho en Bogotá. Información tomada de Bogotá y su inclusión en el uso de tecnologías limpias. Elaborado por la autora.

El uso de esta tecnología por vía seca resulta además muy factible en el ámbito económico, ya que las vías realizada con las mezclas asfálticas con gránulos de caucho significaron la reducción de costos para el mantenimiento, teniendo como primeras características la durabilidad y la reducción del ruido por la fricción del neumático al pavimento convirtiéndose así en lo que se llama un pavimento sostenible, ya que se sabe que el ruido el otro contaminante, además de la reducción de emisiones de CO2 ya que lo normal era la quema de llantas una vez están hayan terminado su ciclo de vida (Galarcio Africano, 2019).

En Ecuador para las empresas del sector C-22 precisamente el subsector “Fabricación de productos de caucho” la utilización de estas tecnologías no solo para empresas manufactureras de neumáticos, si no todo producto a base de caucho que se pueden reutilizar mediante la incorporación de la logística inversa o economía circular en la cadena de suministro para recuperar sus productos unas vez estos hayan concluido su ciclo de vida y generar un nuevo bien sostenible, o bien se puede visualizar como un emprendimiento, un empresa privada o pública dedicada a la obtención de gránulos de caucho para el uso en pavimentos.

3.2. Conclusiones y Recomendaciones.

3.1.1. Conclusiones.

El proyecto de investigación se centró en el análisis del ciclo de vida de los productos del sector CIU C-22 “Fabricación de productos de plástico y caucho”. En Ecuador no existen estadísticas de los desechos generados por el sector manufacturero C-22 fabricación de productos de plásticos y caucho, es por eso que, por medio de la recopilación de información, análisis del ciclo de vida y aplicación de una fórmula matemática se logró estimar el volumen de desechos, mismo que se espera sirva a todas las partes interesadas para tomar como referencia y cambiar la forma de producir.

Las siguientes conclusiones cumplen con los objetivos específicos propuestos para el trabajo de titulación:

El primero objetivo se cumple en el punto 2.1.2, en el que se describe el análisis del ciclo de vida de los productos del sector C-22 identificando los impactos ambientales que se generan en cada etapa de manera general. El ciclo de los productos de plástico y caucho se lo dividió en tres etapas: Extracción y refinado de la materia prima; Transformación de la materia prima; Transporte y distribución. Solo en la primera etapa, extracción de la materia prima (petróleo) se provocan una serie de impactos al ambiente como la deforestación, contaminación del suelo y agua. En el refinado y la destilación de la nafta para la obtención de compuestos como el etileno necesario para producir plástico, se genera la emisión de gases efecto invernadero. Adicional a esto el caucho requiere de látex obtenido de árboles vivos, que muchas veces provoca la contaminación del agua.

En la transformación de la materia prima lo que más se destaca son las emisiones de CO₂ por la maquinaria empleada, las aguas residuales y los desechos sólidos como cartón, papel, plástico, envases, realmente no se generan desechos en la transformación de la materia prima ya que todo gránulo o fibra plástica es reintegrada a la producción. En el transporte tanto de la materia prima como la distribución de los productos, las emisiones de CO₂ son un problema alarmante, una vez el producto haya cumplido su ciclo de vida pasa a formar parte de los desechos sólidos que generan contaminación, enfermedades, muertes de los ecosistemas, en el caso de los plásticos las islas de basura, la mala gestión tanto por empresas privadas, públicas y el mal manejo de los residuos por parte de las entidades gubernamentales

El segundo objetivo específico se cumple en el punto 2.2.1 mediante la recopilación de información de la superintendencia de compañías se tiene que el sector C-22 está conformado por 529 empresas clasificadas en 319 Pymes, 163 micro y 47 grandes empresas, en el punto 2.2.5 para la estimación de los desechos generados en el sector se tomaron las

estadísticas publicadas en el INEN en la Encuesta Estructura Empresaria (ENESEM) del año 2020. Mediante una fórmula matemática se estimó que para la fabricación de productos de plástico se genera un total de desechos de 0,17 KT/empresa por año y para la fabricación de productos de caucho 1,28 KT/empresa por año, sumando un total de 1,45 kilotoneladas de desechos por empresa es decir las 366 empresas generan un total de 530,70 kilotoneladas aproximadamente por año que genera el sector manufacturero C-22 en el Ecuador, sin tomar en consideración la participación de las microempresas.

Adicional a esto se estimó el total de desechos que genera la zona 8 en cuanto a la fabricación de productos de plástico y caucho, se tiene un total de 41,79 KT de desechos al año estimadas como se puede ver en el punto 2.3.3, esta cantidad de desechos nos da una idea clara de lo necesario que es la aplicación de la economía circular, la logística inversa y toda metodología que agregue valor a la producción sostenible y manejo sustentable de los recursos naturales, impulsando el cuidado del medio ambiente.

El tercer objetivo también se cumple en el punto 2.3.8, se describen oportunidades de crecimiento económico, mediante la descripción de los beneficios de aplicar la economía circular con el ciclo extracción-diseño-producción-reciclado, tomando en cuenta a 2 empresas que aplican esta metodología en el que el ciclo de vida de un producto no pierda valor y pueda ser reutilizado, además de los beneficios en ahorro de costos que significa para la empresa, por ejemplo Arca Continental se ahorra costes en la compra de recipientes plásticos, con las botellas retornables. Para el sector manufacturero C-22 sería una oportunidad de aplicar economía circular con instalaciones de empresas recicladoras, encargadas de recuperar, transformar y dar valor a los desechos plásticos y de caucho.

El cuarto y último objetivo se cumple en el punto 3.1.3, se describen varias propuestas de tecnologías usadas en otros países y en Ecuador que ayuden a reutilizar los desechos generados por sector C-22, como son las 30 máquinas bio-recicladoras en Azogues que logró recuperar 624 millones de botellas que representa el 47%. La creación de planta PLASTIKGAS que mediante la ingeniería inversa logra transformar hasta siete clases de plástico diferente en gasolina y otros tipos de combustibles. El uso de tecnologías limpias empleadas en Bogotá para reutilizar los gránulos de caucho (obtenidos mediante la trituración de neumáticos) en mezclas asfálticas, se reutilizaron 6117,21 llantas, evitando así su quema y emisiones de CO₂ a la atmósfera.

3.1.2. Recomendaciones

En el Ecuador no existen estadísticas de volumen total de desechos que generan las empresas de sector manufacturero C-22, de ahí la importancia de investigar y estimar este dato, se recomienda a las entidades tanto públicas como privadas cumplir con los acuerdos

ambientales, además de reportar el volumen de desechos que generan tanto en la producción, así como el volumen de desechos que generan sus productos al cumplir su ciclo de vida, las empresas de este sector deben tomar como base su responsabilidad social y fomentar la aplicación de la economía circular, en el caso de Ecuador aún falta el gestionamiento y desarrollo de estos proyectos.

Se recomienda a las autoridades exigir a las empresas que cumplan con los acuerdos ambientales y presentar el total de desechos que genera cada empresa para tener datos reales de lo que genera cada sector, como una herramienta para la aplicación de la economía circular, mediante las tecnologías que no solo ayudarían al ambiente, si no a la generación de un nuevo mercado, las empresas dedicadas al reciclaje, además, a partir de este control se podrán hacer comparaciones a los años siguientes sobre si se disminuyó el volumen de desechos.

Adicional a esto recomienda a las entidades gubernamentales elaborar un plan de acción en cuanto a la recolección de desechos impulsando a las comunidades a su clasificación de los desechos para que sea más fácil reciclar, además se podría crear empresas recicladoras de plástico al menos en las provincias donde se encuentra el mayor número de empresas, ayudando a la reducción de desechos y agregando valor al ciclo de vida del producto.

A las empresas manufactureras del sector C-22 se recomienda tomar en consideración el cumplimiento de la norma ISO 26000 respecto a la responsabilidad social dentro del comportamiento de análisis del ciclo de vida de sus productos, contribuyendo al buen uso de los recursos naturales, el manejo adecuado de los desechos que se genera en cada etapa y dar pautas de que se hace para reducir los impactos al ambiente.