



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Propuesta para optimizar el proceso de logística inversa en la gestión de residuos electrónicos en una empresa recicladora de la ciudad de Guayaquil**

Previo a la obtención del título de Ing. Industrial

**Autor:**

José Abrahan Salazar Castro

Jeremy Ángel Aucapiña Cañarte

**Tutor:** Marjorie Verónica Tingo Soledispa, Mgtr.

Guayaquil-Ecuador  
2026

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Salazar Castro José Abrahan y Aucapiña Cañarte Jeremy Ángel, con documento de identificación N° 0952727030 y 0952748994 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 23 de enero del año 2026

Atentamente,

*Jose A Salazar C*

José Abrahan Salazar Castro  
0952727030

*Jeremy Aucapiña*

Jeremy Ángel Aucapiña Cañarte  
0952748994

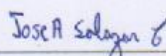
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Salazar Castro José Abrahan y Aucapiña Cañarte Jeremy Ángel con documento de identificación No. 0952727030 y 0952748994, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: "Propuesta para optimizar el proceso de logística inversa en la gestión de residuos electrónicos en una empresa recicladora de la ciudad de Guayaquil", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

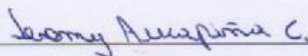
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 23 de enero del año 2026

Atentamente,



José Abrahan Salazar Castro  
0952727030



Jeremy Ángel Aucapiña Cañarte  
0952748994

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Marjorie Verónica Tingo Soledispa con documento de identificación N° 0917456998, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Propuesta para optimizar el proceso de logística inversa en la gestión de residuos electrónicos en una empresa recicladora de la ciudad de Guayaquil, realizado por José Abrahan Salazar Castro con documento de identificación N° 0952727030 y por Jeremy Ángel Aucapiña Cañarte con documento de identificación N° 0952748994, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 23 de enero del año 2026

Atentamente,



---

Marjorie Verónica Tingo Soledispa, Mgtr  
0917456998

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida y por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia los sueños se cumplen. Su apoyo siempre fue incondicional y además creían en mi incluso en los momentos de duda. Todo este camino recorrido es, ante todo, de ustedes.

**Salazar Castro José Abrahan**

A mis padres, por ser el ejemplo de sacrificio y amor más puro que conozco, que, con una palabra de aliento o un gesto de confianza, me recordaron que era capaz de llegar a la meta.

**Aucapiña Cañarte Jeremy Ángel**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a esta institución por brindarme las herramientas necesarias para mi formación profesional. A mis compañeros de carrera, con quienes compartí retos y aprendizajes que llevaré siempre conmigo. Y a mi familia por siempre estar junto a mi en esta etapa de crecimiento profesional.

**Salazar Castro José Abrahan**

Mi gratitud eterna a todas las personas que hicieron posible la culminación de este trabajo. A mis amigos, por las jornadas de estudio y los ánimos constantes. A los docentes de la facultad, por despertar en mí la curiosidad y el rigor científico. Y a mi familia por complementar este camino para lograr cumplir mis sueños.

**Aucapiña Cañarte Jeremy Ángel**

**Resumen**

El siguiente proyecto permitió diseñar una propuesta para optimizar el proceso de logística inversa en la gestión de chatarra electrónica en una empresa recicladora de la ciudad de Guayaquil. Se realizó una revisión de literatura para dar contexto al área de estudio, conociendo sobre logística inversa, chatarra electrónica y su uso en la ciudad, y el marco legal que lo respalda. Además, se utilizó una metodología aplicada con enfoque cualitativo y como técnica de recolección de datos se aplicó un análisis documental con la información que proporcionó la empresa. También, se analizó la situación actual de la empresa en donde por medio de cuatro puntos (recepción, desmantelamiento, clasificación e ingresos económicos) se comprendió la dinámica. Como conclusión, se encontró la materialización de la propuesta respaldada por la corrección de fallas identificadas y el enfoque en la máxima recuperación de materiales, asegura una transformación integral del modelo de negocio de la recicladora, posicionándola como un actor más competitivo, sostenible y líder en la gestión eficiente de la chatarra electrónica en la ciudad de Guayaquil.

**Palabras clave:** logística inversa, residuos electrónicos, empresa recicladora, clasificación, gestión.

**Abstrac**

The following project involved designing a proposal to optimize the reverse logistics process for managing electronic waste at a recycling company in Guayaquil. A literature review was conducted to provide context for the study area, exploring reverse logistics, electronic waste and its use in the city, and the supporting legal framework. Furthermore, a qualitative methodology was employed, and data was collected through document analysis using information provided by the company. The company's current situation was also analyzed, focusing on four key areas (reception, dismantling, classification, and revenue generation) to understand its dynamics. In conclusion, the successful implementation of the proposal, supported by the correction of identified shortcomings, and a focus on maximizing material recovery, ensures a comprehensive transformation of the recycling company's business model, positioning it as a more competitive, sustainable, and leading player in the efficient management of electronic waste in Guayaquil.

**Keywords:** reverse logistics, electronic waste, recycling company, sorting, management

## Tabla de contenido

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	;Error! Marcador no definido.
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	;Error! Marcador no definido.
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN....	;Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
Resumen.....	VII
Abstrac .....	VIII
Glosario de términos .....	1
Introducción .....	2
Capítulo I: Problema .....	4
1.1 Antecedentes .....	4
1.2 Importancia.....	5
1.3 Delimitación.....	5
1.4 Objetivo.....	6
1.4.1 General.....	6
1.4.2 Específicos.....	6
Capítulo II: Revisión de la literatura.....	7
2.1 Logística Inversa .....	7
2.2 Chatarra electrónica.....	9
2.3 Gestión de chatarra electrónica .....	10
2.3.1 Gestión de chatarra electrónica en Latinoamérica.....	11
2.3.2 Gestión de residuos electrónicos en Ecuador .....	12
2.4 Contaminación por basura electrónica .....	12
Capítulo III: Marco metodológico .....	14
3.1 Metodología .....	14
3.2 Situación actual .....	14
3.2.1 Recepción .....	14
3.2.2 Área de desmantelamiento de Residuos de Aparatos Eléctricos.....	15
3.2.3 Sistema de clasificación en las tarjetas electrónicas.....	17
3.2.4 Ingreso económico en la empresa por venta de productos en reutilización .....	18
3.3 Logística inversa de la empresa .....	18

3.3 Precios de compra de la chatarra electrónica .....	20
Capítulo IV: Resultados.....	21
4.2 Comparación entre la situación actual y la propuesta de mejora .....	22
4.3 Análisis comparativo económico a partir de la propuesta de mejora.....	24
4.3.1 Estudio de tiempo en receptor con orden.....	24
4.3.2 Estudio de tiempo en el área de desmantelamiento .....	25
4.3.3 Tiempo de reducción por la clasificación de tarjetas electrónicas .....	25
4.4 Sistemas de agilización para mejorar la tasa de recuperación de chatarra electrónica ..	26
Conclusiones .....	29
Recomendaciones .....	30
Referencias bibliográficas.....	31

## Índice de Figuras

Figura 1 Mapa de Guayaquil.....	5
Figura 2 Proceso de la LI.....	7
Figura 3 Tipos de logística inversa.....	8
Figura 4 Chatarra electrónica.....	9
Figura 5 Gestión de residuos electrónicos.....	10
Figura 6 Contaminación por basura electrónica.....	13
Figura 7 Área para nuevos proyectos.....	16
Figura 8 Logística inversa implementada en la recicladora.....	19
Figura 9 Almacenamiento de desechos electrónicos.....	19
Figura 10 Logística inversa propuesta.....	22

## Índice de Tablas

Tabla 1 Proveedores medianos.....	15
Tabla 2 Medición de tiempo de tulas ordenadas.....	17
Tabla 3 Precios de compra/venta de chatarra electrónica.....	20
Tabla 4 Comparación entre la logística inversa actual y propuesta.....	23
Tabla 5 Comparación entre el tiempo de recepción.....	24
Tabla 6 Comparación en el tiempo de desmantelamiento.....	25
Tabla 7 Comparación de reducción de tiempo por clasificación.....	26
Tabla 8 Sistemas de agilización en la recepción y clasificación.....	26
Tabla 9 Tabla general del material antes de procesar y lo recuperado.....	27
Tabla 10 Tabla homogenizada.....	28

## Glosario de términos

**Chatarra:** Es el conjunto de trozos de metal de desecho que se recicla, convirtiéndolo en un material valioso para producir nuevos materiales de acero (Diccionario de la Lengua Española, 2025).

**Empresa recicladora:** Procesa residuos para convertirlos en nuevas materias primas, reduciendo así la necesidad de usar materiales nuevos y la cantidad de basura que termina en vertederos (KNAUF Industries, 2023).

**Gestión de Residuos Sólidos:** Aparece como una técnica para salvar al planeta, no se limita a la eliminación de residuos; sino, la adopción de prácticas sostenibles que minimicen el impacto ambiental y promover el reciclaje y reutilización (Ruiz, 2024).

**Logística inversa:** Es el proceso o conjunto de estrategias a través de las cuales los residuos retornan al inicio, produciendo la devolución de productos o materiales, que posteriormente se reciclan, reutilizan, reparan, recolectan o renuevan, con el objetivo de recuperar valor (Campoverde et al., 2022).

**Reciclador:** Persona que desarrolla acciones de recuperación de desechos en cualquiera de las fases de la gestión integral de desechos, de conformidad con la normativa ambiental aplicable (RCODA, 2019).

**Residuos electrónicos:** Es toda la chatarra electrónica que han culminado su vida útil, son residuos peligrosos que, si no se gestionan adecuadamente, pueden tener grandes consecuencias para el medio ambiente y la vida humana (ACS, 2025).

## Introducción

La producción excesiva de basura en el mundo ha provocado que se creen nuevas técnicas que permitan volver a utilizar productos que todavía tengan vida útil; una de estas técnicas es el reciclaje, el cual permite la recolección y procesamiento de desechos sólidos para crear nuevos productos basados en los mismos materiales (BBVA, 2025).

Existe una preocupación por la utilización desmedida de los recursos y el impacto ecológico, que lleva a accionar a la sociedad para tener más conciencia ambiental, ya que sí se sigue manteniendo la cultura del consumismo y de poco interés sobre los desechos generados, la situación puede tornarse muy crítica a corto plazo (Ramos, 2020). Hay que promover que se vuelva a utilizar residuos que tienen otra vida útil, para así evitar la contaminación y el desecho de materiales reutilizables.

La práctica del reciclaje ya forma parte del diario vivir de las personas, es una costumbre que con el tiempo el individuo ha adaptado en su vida. También se encuentran las personas que se dedican a esta práctica para tener ingresos, los llamados recicladores, los cuales según el art. 605 son los trabajadores autónomos que realizan actividades de recuperación de residuos dentro de las fases de gestión integral, de conformidad con la normativa ambiental aplicable (RCODA, 2019).

En la ciudad de Guayaquil, el reciclaje enfrenta grandes retos como la contaminación de residuos reciclables por mezclarse con otros residuos. Sin embargo, se realizan una serie de proyectos para promover y mejorar la práctica del reciclaje; como la realización de un censo de recicladores para integrarlos al sistema formal, la creación de proyectos como Viernes Verde y las reciclaciones y el aumento de recicladoras en la ciudad (Delgado, 2025).

En Ecuador, en su mayoría los residuos electrónicos no pasan por un proceso de reciclaje y terminan en vertederos de basura comunes y rellenos sanitarios, y en otras ocasiones contaminan ríos y océanos (González, 2023). Estos desechos integran sustancias dañinas y metales tóxicos para la salud del ser humano y el medio ambiente, es importante modificar la concientización de promover el reciclaje de aparatos electrónicos.

En Guayaquil, la gestión de basura electrónica se ha vuelto un desafío que requiere una atención urgente, ya que representan un peligro ambiental para la ciudad. A partir de esto, desde la alcaldía existen iniciativas como Recicla Electronic que promueven una gestión más responsable de los residuos electrónicos (Recicla Electronic, 2024), motivando a que otras empresas realicen campañas para realizar reciclaje de residuos electrónicos.

En cada recicladora de la ciudad se reciben en gran cantidad desechos electrónicos, los cuales pasan por distintos procesos que provocan que sean reutilizados en muchos casos y en otros convertidos en otros objetos. Los recicladores en ocasiones dejan el residuo y reciben su respectiva paga y en otras esperan la transformación de dicho residuo para obtener ganancias por la venta del nuevo producto obtenido.

Este proyecto se dividirá en cinco capítulos que se describirán a continuación. En el capítulo I se muestran los antecedentes del tema planteado, la importancia que tiene la realización del proyecto, la delimitación del estudio y los objetivos, tanto general como

específicos. En el capítulo II se describe el marco teórico del tema propuesto, esta información servirá para comprender el problema que se va a resolver durante la realización del proyecto.

El capítulo III muestra el marco metodológico de la investigación, de esta manera se determina que metodología, enfoque, alcance y técnicas de recolección de información se va a utilizar. En el capítulo IV estarán establecidos los resultados de la implementación del proyecto, se escribe todo lo que se encontró y se puso en práctica, junto con las imágenes e información relevante.

Por último, están las conclusiones del trabajo y sus respectivas recomendaciones para futuros proyectos que se pueden realizar sobre el mismo tema propuesto. De esta manera, estará organizado el proyecto técnico que se realizará para optimizar el proceso de logística inversa en una recicladora de Guayaquil.

## Capítulo I: Problema

### 1.1 Antecedentes

La optimización de la logística inversa se ha aplicado en varios estudios a nivel internacional y nacional, a continuación, se muestra trabajos que demuestran que aplicar esta logística es eficiente y eficaz para mejorar el proceso de reciclaje en una empresa recicladora.

En Madrid, Lasa (2024) presentó una investigación de maestría “*Optimización de procesos logísticos mediante la integración de robótica: Robótica en la logística inversa*”; la cual tenía como objetivo general, la evaluación de la conformación de la robótica y la optimización de la gestión de la logística inversa, poniendo énfasis en la disminución de sobrantes de inventario, arreglo de devoluciones, y minimizar el impacto ambiental del comercio electrónico, promoviendo la transición hacia una economía circular.

Se obtuvo como conclusiones que las nuevas tecnologías pueden ser integradas al proceso de logística inversa, en este caso al implementar la robótica se pudo mejorar significativamente la eficiencia del proceso. La logística inversa está vinculada al concepto de economía circular, porque ambos están enfocados en la gestión de desechos, cuidado del medio ambiente y reutilización de materiales.

Arrieta (2022) en Barranquilla, Colombia; realizó un trabajo de investigación que tuvo como objetivo, el diseño de un sistema de LI de manejo de desechos en la empresa Liteyca en Sincelejo Sucre; en donde también se van a caracterizar la cadena de valor de la empresa, describir el manejo de residuos y la proposición de actividades.

Como metodología se utilizó la investigación de tipo descriptiva no experimental, con un enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo), aplicando el método inductivo para observar, registrar y analizar las estrategias de logística inversa y como instrumento de recolección de datos se implementó la encuesta a 37 trabajadores de la empresa. La aplicación de este proceso de logística inversa en la empresa le permite generar nuevos ingresos económicos, gracias a la venta de estibas y carretes; además para realizar el diseño de recuperación de desechos de madera se indagó los mercados secundarios y posibles aliados para la venta de desechos.

En Guayaquil, González y Domínguez (2025) se publicó un trabajo que tuvo como objetivo, estimar la efectividad del método de la LI como táctica para la disminución de la huella de carbono, desde el uso adecuado de celulares en la ciudad, por medio del análisis de su impacto ambiental y propuesta de mejoras en los procesos actuales de gestión de desechos electrónicos.

En este trabajo de investigación, se utilizó como metodología enfoques cuantitativos y documentales, como técnica de recolección de datos se empleó un análisis de datos y una revisión bibliográfica. Como conclusión se explicó que la logística inversa sirve como una metodología para reutilizar chatarra electrónica con vida útil, además una conveniencia para que la ciudad lidere en la propuesta de la sostenibilidad en el país, al promover un prototipo replicable que mezcla la sostenibilidad, eficiencia e innovación.

## 1.2 Importancia

La principal razón para la realización de esta investigación es para mejorar la eficiencia del proceso de recolección y devolución de desechos electrónicos que no solo reduce costos, sino que también fortalece la imagen de la recicladora. Se obtendrán beneficios económicos como la reducción de costos operativos, al realizar una buena planificación reduce los costos de mano de obra y de almacenamiento, ya que permite procesar el material de manera rápida.

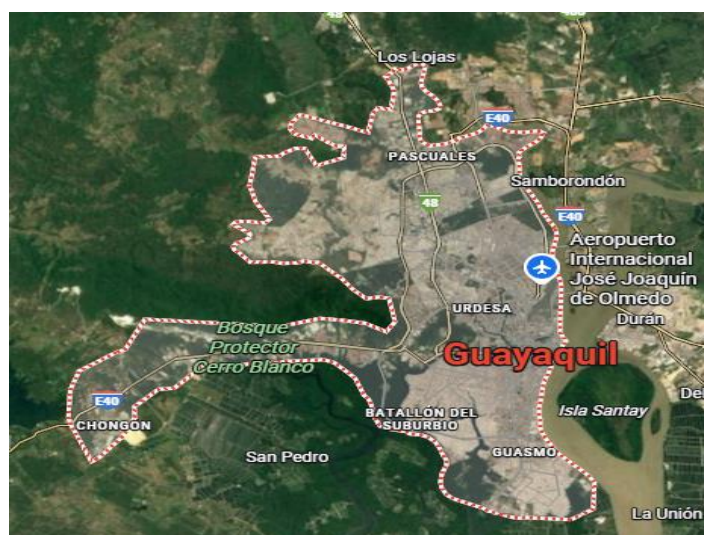
Al mejorar la logística dentro de la recicladora permitirá procesar más material en menos tiempo, y así se aumentarán más ganancias a partir del arreglo de los materiales electrónicos. Gracias a la reducción de costos y aumentar los ingresos, esto impactará directamente a mejorar la rentabilidad de la empresa recicladora, no sólo a corto, sino a largo plazo.

Con respecto a los beneficios ambientales, al mejorar la logística inversa de la recicladora asegura que una mayor cantidad de residuos electrónicos sean recuperados y reciclados, disminuyendo la presión sobre los verteros; de esta manera se fortalece el compromiso de la empresa con la sostenibilidad ambiental.

## 1.3 Delimitación

El proyecto técnico se especificará en el análisis y formulación de una propuesta de optimización para el proceso de logística inversa de chatarra electrónica, en una empresa recicladora ubicada en la ciudad de Guayaquil. La realización del trabajo permitirá encontrar la deficiencia del proceso que actualmente lleva la recicladora y a partir de esto se desarrollará un modelo de gestión aplicable a corto plazo para mejorar la eficiencia operativa y rentabilidad del manejo chatarra electrónica.

**Figura 1 Mapa de Guayaquil**



**Nota:** Se muestra la ubicación en el mapa de la ciudad de Guayaquil. Obtenida de *Google Maps*.

Este proyecto tiene como grupo beneficiario a una serie de actores que forman parte de este proceso; en primer lugar, está la recicladora, es el lugar en donde se va a realizar el estudio y en ella se incluyen sus trabajadores que a vez van a recibir capacitaciones y nuevas técnicas para el manejo de residuos. En segundo lugar, están los recicladores, son las personas que llevan los residuos al centro de acopio para su venta y así generar ganancias.

También se puede identificar como un actor indirectamente beneficiado al medio ambiente, ya que por medio del reciclaje provoca que estos residuos sean transformados en otros objetos que beneficien y no contaminen el ambiente; además, promueve una cultura de reciclaje en los individuos.

## **1.4 Objetivo**

### **1.4.1 General**

Diseñar una propuesta para optimizar el proceso de logística inversa en la gestión de chatarra electrónica en una empresa recicladora de la ciudad de Guayaquil.

### **1.4.2 Específicos**

- Analizar el proceso de logística inversa que aplica la empresa recicladora para la identificación de los puntos negativos de su aplicación.
- Implementar sistemas para la agilización de la recepción y clasificación de los desechos electrónicos.
- Maximizar la tasa de recuperación de materiales electrónicos para el aseguramiento que la mayor cantidad posible de residuos sea recolectada y procesada.

## Capítulo II: Revisión de la literatura

En el siguiente apartado se presenta la revisión literaria del proyecto, en donde se enfocará en conocer acerca de la logística inversa y sus temas ligados.

### 2.1 Logística Inversa

La logística inversa incluye el grupo de acciones logísticas de desmontaje, recogida y descomposición de elementos usados o sus materiales, así como de productos de otro tipo con el objetivo de aumentar el aprovechamiento de su valor, y su uso sostenible (Cabeza, 2024). Por medio de este proceso se puede obtener otros objetos que permitan poner en práctica aquella costumbre de reciclar que tienen los individuos.

El enfoque de implementación de la logística inversa en diversas áreas es una noción contemporánea, ya que sus orígenes se dan al inicio de la década del 70, cuando se empieza a analizar la disposición de los canales de distribución destinados al reciclaje, los actores involucrados, sus nuevas funciones y otros aspectos importantes (Chimbo & Llano, 2023). A partir de aquí el proceso de logística inversa se ha tratado de implementar en todos los lugares para promover una responsabilidad ambiental en el proceso de reciclaje.

Es un método de control, implantación y planificación eficiente del flujo efectivo; a través del cual se pretende recolectar, desmontar y procesar los productos usados o dañados que los usuarios o recicladores llevan a los centros de acopio, de esta manera se maximiza el aprovechamiento de su valor, su uso sostenible o por último su eliminación (Restrepo, 2020). Se muestra el proceso de la logística inversa en la Figura 2:

**Figura 2** Proceso de la LI



**Nota:** Se muestra el proceso de logística inversa que se lleva dentro de una empresa recicladora. Obtenida de *Logística Inversa como reducción de costos*. Restrepo (2020)

La logística inversa tiene diversos tipos que pueden ser importantes, teniendo en cuenta que cada uno de ellos puede colaborar para optimizar la cadena de suministro y aumentar el valor de los desechos reciclados.

**Figura 3 Tipos de logística inversa**

Tipos	Descripción
<b>Gestión de devoluciones</b>	Se encarga del manejo de las devoluciones de productos de parte de los clientes, incluyendo las estrategias para evitar que ocurran devoluciones
<b>Reacondicionamiento</b>	Este tipo de logística inversa se encarga de la refabricación y reparación de productos, para que estos posteriormente puedan ser vendidos o aprovechados nuevamente.
<b>Gestión de embalajes</b>	Se encarga de la reutilización de materiales de embalaje, con la finalidad de reducir los residuos producidos por dichos materiales, a la vez que se reducen costos.
<b>Gestión de residuos</b>	Consiste en la recolección y tratamiento de los desechos y residuos peligrosos o no, con el objetivo de mejorar el cuidado del medio ambiente, y de reutilizar productos que podrían convertirse en materias primas o repuestos.
<b>Gestión de productos no vendidos</b>	Ya sea debido a un mal manejo del inventario, malas ventas o rechazo de entrega, los productos que no logran ser vendidos por minoristas, deben regresar a los distribuidores o fabricantes y así ser distribuidos a otros minoristas o consumidores.
<b>Gestión de productos obsoletos</b>	Una vez que finaliza la vida útil de un producto, el cliente querrá reemplazarlo por una versión nueva y funcional. Este tipo de logística inversa se encarga del reciclaje o eliminación de productos obsoletos, que se encuentren finalizando su vida útil.
<b>Gestión de productos no entregados</b>	Aquellos productos que no son entregados a un minorista son devueltos a su punto de origen para su redistribución.

**Nota:** Se muestra los diferentes tipos de logística inversa que se pueden aplicar en las empresas recicladoras. Obtenida de Conekta (2023).

Hay actividades que utilizan a la logística inversa para promover una responsabilidad medioambiental y la legislación verde que obliga a las empresas a responsabilizarse por sus productos, incluso una vez terminada su vida útil, para recuperarlos y tenerlos en condiciones óptimas y así distribuirlos de nuevo (Campoverde et. al 2022). La implementación de la logística inversa en recicladoras se debe realizar para que el proceso de transformación se lleva de forma adecuado y se pueda aprovechar al máximo los materiales reciclados que son llevados a las recicladoras.

La recuperación económica de los productos electrónicos fuera de uso, que son generados por consumidores, genera ventajas económicas, siempre y cuando sean gestionadas correctamente. Además, se implementan políticas de responsabilidad ambiental, reafirmando

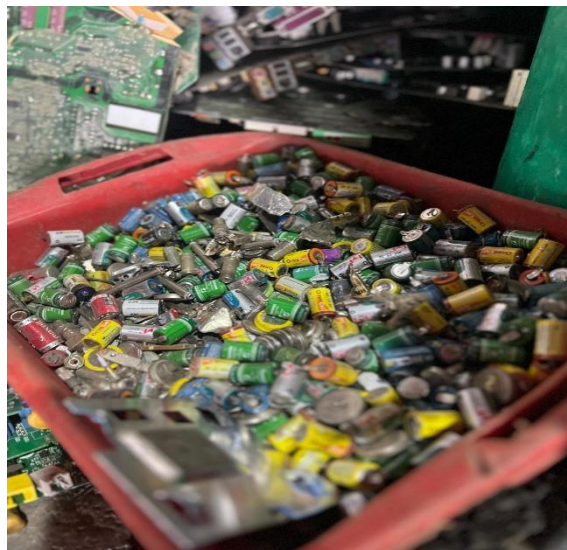
la función de la logística inversa dentro de una empresa recicladora (Jiménez, Haro & Rodríguez, 2024).

## 2.2 Chatarra electrónica

El trabajo se enfocará en la recolección de chatarra electrónica, la cual en los últimos tiempos ha ido en crecimiento debido a las consecuencias del mundo digital; debido a la mala disposición de estos desechos, trae como consecuencia la liberación de materiales pesados en el medio ambiente, como aluminio, plomo, cromo, mercurio o cadmio (Corro, 2024). Todos estos elementos perjudican a la salud de los seres vivos, provocando que los recicladores tomen como punto principal el reciclaje de estos materiales, a su vez tomando en consideración que dentro de la chatarra electrónica se encuentra material para reutilizar.

El reciclaje y la eliminación de la basura tecnológica pueden crear un peligro importante para la salud de las comunidades y los trabajadores en los países desarrollados y se debe tener mucho cuidado para impedir la inestabilidad en las sistematizaciones de reciclamiento y la omisión de materiales como materiales pesados (Chilán, Sánchez, Jama & Carreño, 2022). El tratamiento de estos desechos tiene que llevarse de manera precavida, ya que los elementos que contienen son perjudiciales para la salud; por esta razón, es importante concientizar el reciclaje de estos elementos para evitar poner en peligro el medio ambiente.

### Figura 4 Chatarra electrónica



**Nota:** Imagen de la chatarra electrónica entregada por los recicladores en la empresa recicladora.

### 2.3 Gestión de chatarra electrónica

La chatarra electrónica si no se trata de manera adecuada es perjudicial para el medio ambiente, el reciclaje de estos desechos permite recolectar, desmontar y procesar la basura electrónica de manera eficiente y segura, para que de esta manera se recupere materiales valiosos y así reducir el impacto ambiental (Marcillo, 2024). Es importante el proceso de reciclaje de estos aparatos electrónicos, ya que en su constitución tiene elementos contaminantes para el ambiente, se debe realizar en recicladores especializadas para desmontar estos desechos y poder sacar aspectos positivos de este proceso de reciclaje.

La gestión inadecuada de los desechos electrónicos provoca que la sociedad se preocupe por la contaminación ambiental y la afectación de la salud pública, porque es evidente que se desechan de una manera irresponsable, lo cual provoca daños al agua y suelo, afectando directamente a las comunidades que viven el campo (Marche et al., 2023). De esta manera se debe profundizar en realizar un buen manejo de estos residuos para evitar este tipo contaminación y a su vez obtener aspectos positivos en la parte económica.

La gestión de basura electrónica colabora para cuidar materiales naturales y a disminuir la contaminación ambiental; sin embargo, este proceso también colabora con la economía circular al reutilizar productos que son importantes para la preparación de otros productos a partir de las piezas reutilizables (Pang et al., 2023). Esto ayuda a la reactivación de los recicladores y de pequeñas recicladoras que obtienen materia prima para la transformación de productos a partir de desechos electrónicos que terminaron su vida útil y pueden reutilizarse.

**Figura 5** Gestión de residuos electrónicos



**Nota:** Imagen obtenida de la empresa recicladora donde se realizada el proyecto planteado.

Es importante realizar campañas de concientización acerca de la contaminación de la basura electrónica al medio ambiente, de esta manera se fomenta la reutilización y extensión de la vida útil de los dispositivos electrónicos para reducir el desperdicio de la materia de los residuos electrónicos, así se disminuye la presión sobre la utilización de nuevos recursos naturales y la disminución de la energía necesaria para fabricar nuevos productos (Lino y Solis, 2025). Las grandes recicladoras deben promover dichas campañas para que los recicladores y las pequeñas empresas recicladoras lleven la basura electrónica para reutilizarla y sacar provecho a sus materiales contaminantes.

Para promover la extensión de la vida útil de los aparatos electrónicos se deben hacer campañas educativas, donaciones y programas de intercambios de objetos electrónicos que destaquen los aspectos positivos del reciclaje y la importancia de la calidad (Merchán, et. al., 2020). De esta manera se puede llegar a las personas para que tomen conciencia que tanto daño provocan las sustancias o elementos contaminantes que tiene la basura electrónica.

### **2.3.1 Gestión de chatarra electrónica en Latinoamérica**

En Latinoamérica existen dos países que tienen la mayor producción de residuos electrónicos; en primer lugar, Brasil con 1,5 Mt y México con 1 Mt. Una de las principales causas del problema de gestión de basura electrónica en países latinoamericanos es la falta de reglamentación de residuos electrónicos, estas leyes sirven como regulación para llevar un control sobre cómo se almacena y desmonta los aparatos electrónicos para reutilizarlos (Zambrano et. al, 2022).

Sólo siete países de esta región aplican una ley nacional sobre la gestión de desechos electrónicos (Chile, Costa Rica, México, Bolivia, Colombia, Perú y Ecuador), los cuales buscaban regularizar y llevar un control sobre la gestión de residuos electrónicos. Países como Brasil, Panamá, Uruguay y Argentina buscan impulsar la creación de leyes para gestionar los desechos electrónicos (Zambrano et. al, 2022).

En Brasil, los sistemas de gestión enfrentan muchos obstáculos como la falta de una adecuada infraestructura, limitada regulación e informalidad en los procesos de recolección y reciclaje. Sin embargo, ha realizado esfuerzos para diseñar y ejecutar leyes que incluyan la gestión de residuos electrónicos; a pesar de que, la implementación efectiva sigue siendo un reto, esto se debe a una falta de concientización sobre los riesgos en la salud y en el medio ambiente si se lleva un mal manejo de estos desechos (Rico y Leiva, 2024).

En el 2020 se implementa una ley que busca la sostenibilidad ambiental, además engloba todos los elementos relacionados con el cuidado ambiental; sin embargo, no se profundiza sobre el principal problema, que es la gestión de residuos, sino que es una política integral que aborda todas afectaciones masivas en contra del medio ambiente (Morales, 2022). Es aquí donde se puede comprobar, que las leyes deben englobar todos los aspectos para la protección del medio ambiente, no sólo algo superficial.

### 2.3.2 Gestión de residuos electrónicos en Ecuador

En el país, normalmente se genera 88 mil toneladas de desechos electrónicos; los cuales deben gestionarse de una manera correcta para evitar la contaminación del ambiente y problemas en la salud. En Ecuador existen normas que permiten legislar la gestión de desechos electrónicos, entre estas están Código Orgánico Ambiental (COA), Reglamento del Código Orgánico Ambiental (RCOA) y los Acuerdos Ministeriales 067 y 097 (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2024).

**Código Orgánico Ambiental:** Siendo la normativa principal, la cual establece las disposiciones generales para la gestión integral de los residuos; además, contiene las obligaciones y responsabilidades de los productores, importadores, distribuidores y consumidores.

**Reglamento Código Orgánico Ambiental:** Este es el reglamento que permite el desarrollo y a su vez estructura la normativa necesaria para hacer aplicables el COA; incluyendo, el detalle de procesos, la definición de responsabilidades y el establecimiento de criterios específicos para áreas como la planificación del desarrollo y ordenamiento territorial.

**Acuerdo Ministerial 067:** Es la norma para el uso de la Responsabilidad Extendida en la gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), pero de origen doméstico.

**Acuerdo Ministerial 097:** Esta norma sirve para el uso de la Responsabilidad Extendida del Productor en la gestión integral de lámparas de descarga y/o lámparas LED en abandono.

### 2.4 Contaminación por basura electrónica

Los desechos electrónicos contienen toxinas que son una amenaza para la salud cuando se desechan en áreas contaminables y no son tratados de manera adecuada; estos contienen metales pesados (plomo, cromo, antimonio, mercurio, cadmio y arsénico), estas sustancias reaccionan cuando se exponen directamente al sol, agua, cambios de temperatura y aire, convirtiéndolos en riesgos para la salud y el daño del medio ambiente (Cavazos, 2020). Las empresas recicladoras juegan un papel importante para el tratamiento de la basura electrónica, ya que cuentan con las maquinarias necesarias para realizar el proceso de reutilización y se debe promover la entrega de esta basura dentro de los establecimientos.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en un informe determinó que la administración inadecuada de los desechos electrónicos promueve el aceleramiento del calentamiento global, el 80% de la basura electrónica termina en ríos y rellenos sanitarios, y menos del 20% son reciclados por recicladores que llevan estos productos a las recicladoras, todo esto a nivel mundial (La Hora, 2021). Con estos datos queda demostrado que se debe promover el reciclaje de aparatos electrónicos para evitar más contaminación, y así aumentar el porcentaje de productos eléctricos reciclados y reutilizados.

**Figura 6 Contaminación por basura electrónica**



**Nota:** Se muestra la cantidad de desechos electrónicos en un vertedero que no se manejan de manera adecuada. (National Geographic, 2023)

## Capítulo III: Marco metodológico

### 3.1 Metodología

En este proyecto de investigación se va a utilizar la investigación aplicada; esta investigación se origina a partir de la necesidad de solucionar problemas prácticos y mejorar las condiciones de vida de las personas en diferentes campos y sectores, se busca aplicar los conocimientos y principios científicos para resolver problemas específicos en un determinado campo o industria (Ramírez, et. al, 2023). Basándose en el objetivo general del proyecto, se deduce que este tipo de investigación va a permitir la realización y aplicación de la propuesta de investigación planteada.

Se aplicará el enfoque cualitativo, el cual se especifica en abarcar acontecimientos según la perspectiva de los individuos, empleando métodos no estructurados como entrevistas, grupos focales y observaciones; además, busca interpretaciones profundas sin centrarse en la cuantificación (Sarango, et. al, 2024). En este proyecto se van a utilizar datos proporcionados por la empresa y la evidencia por medio de la observación de lo que sucede dentro de la empresa.

### 3.2 Situación actual

Antes de mencionar la situación actual de la empresa, se mencionará los cinco puntos en los cuales se plantea optimizar el proceso de logística inversa en la gestión de residuos electrónicos en una empresa recicladora de la ciudad de Guayaquil.

1. Mejorar o reducir el tiempo de desarme o destrucción para la obtención de la chatarra electrónica.
2. Evitar que la materia prima obtenida de los productos reciclados en el desarme de esta misma sea tirada a la basura.
3. Plantear un sistema de clasificación en las tarjetas electrónicas.
4. Mejorar el ingreso económico de la empresa con productos a los cuales se le puede dar una segunda vida (Solo productos adquiridos en las compras de lotes).

La situación actual de la empresa en el apartado de desarme o destrucción para la obtención de la chatarra electrónica radica en dos puntos clave los cuales son la recepción y el área de desmantelamiento de Residuos de Aparatos Eléctricos.

#### 3.2.1 Recepción

Esta área de la recicladora es el primer punto de contacto donde se reciben, pesan y revisan los productos que llegan para su reciclaje. Las actividades clave incluyen la recepción de materiales de fuentes como camionetas, tráiler, vehículos de uso personal o en bicicleta de clientes; también está el pesaje para determinar la cantidad recibida; y una primera clasificación visual para saber el tipo de producto para poder enviarlo al área designada, una vez que se complete la compra, en caso de que el material este sin tula ellos son los encargados de almacenar el producto en una tula.

Se detectó que se puede mejorar la primera clasificación que realizan los trabajadores de recepción, los productos considerados chatarra electrónica entregada por los proveedores pequeños y medianos, son entregados de manera suelta, es decir, sin un medio de almacenamiento para poder movilizar de manera rápida (Tula, Saco).

Se propuso que los trabajadores del área de recepción realizan la primera clasificación, colocando los productos sueltos en una Tula con el mismo tipo de categoría; es decir, dispositivos de streaming para TV, controles de televisor, teléfonos, entre otros. Cada producto debe estar en su respectiva tula, el cual se debe realizar para ayudar considerablemente al área de destrucción de la chatarra electrónica.

Para esto se realizó cinco estudios de tiempo para poder tener un tiempo promedio en los proveedores medianos de cuánto tiempo se demorarían los trabajadores en clasificar los productos. En este estudio se realizó cinco tomas de tiempo por diferentes dificultades que sobre salen de nuestro control por las políticas de la empresa al poder portar teléfonos dentro de esta misma, agregando el constante monitoreo de las cámaras de seguridad.

**Tabla 1 Proveedores medianos**

Proveedores medianos		
Medición de tiempo	Tiempo real (minutos)	Tiempo estimado (minutos)
Primera medición	29.44	50
Segunda medición	38.52	50
Tercera medición	43.45	50
Cuarta medición	32.15	50
Quinta medición	36.14	50
<b>Tiempo Promedio: 36 minutos</b>		

**Nota:** Se muestra la medición de tiempo sobre los productos de proveedores medianos.

Elaboración propia

### 3.2.2 Área de desmantelamiento de Residuos de Aparatos Eléctricos

Es una instalación o sección donde los dispositivos electrónicos y eléctricos que han llegado al final de su vida útil (desde teléfonos móviles hasta electrodomésticos grandes), estos son desmontados metódicamente por personal capacitado. Este proceso se realiza de forma manual para separar los distintos componentes y materiales que conforman cada aparato.

- **Recuperar Materiales Valiosos:** Permite extraer y clasificar materiales (cobre, oro, plata, chatarra electrónica)

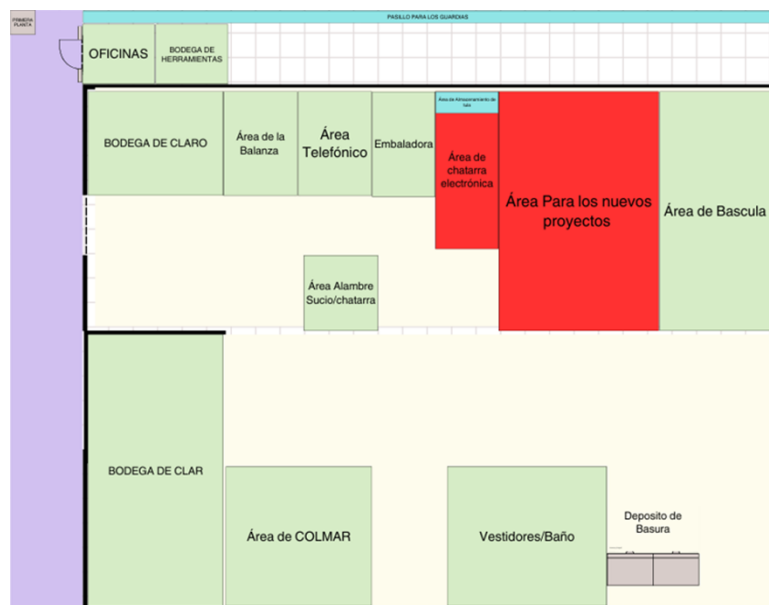
- **Neutralizar Sustancias Tóxicas:** Facilita la identificación y manejo seguro de componentes peligrosos como tinta de impresoras, baterías de litio de laptops
- **Ahorrar Recursos Naturales:** La reutilización de materiales recuperados minimiza la necesidad de quitar nuevas materias primas, lo que a su vez conserva recursos naturales y reduce el consumo de energía asociado a la producción desde cero.

Esta área no tiene un lugar fijo en la planta por lo que está constantemente en movimiento para poder dar espacio a nuevos proyectos que requieren un poco más de espacio por esta y más razones, los trabajadores no logran extraer todo el material que se puede reciclar de los productos comprados y esta investigación propone como arreglar, mejorar o maximizar la extracción los recursos reciclables.

Al no tener un lugar o espacio predeterminado para esta área al tener que recoger las herramientas, los obreros son propensos a perderlas, de igual manera pasa con los productos al no estar clasificados con su mismo tipo de categoría; por ejemplo, tula de laptop, tula de impresoras, entre otras. Además, se suele dejar tirada partes de ellas que contiene material valioso que se pierden o llegan a parar al contenedor de basura.

Para resolver este problema se observó un espacio en el primer galpón de dos galpones que cuenta la planta que se está desaprovechando por el constante movimiento de los nuevos proyectos que llegan a su vez se aprovecha para desinar un lugar específico para los nuevos proyectos que puedan llegar en un futuro.

**Figura 7 Área para nuevos proyectos**



Nota: Se muestra un plano para la creación de un Área para Proyectos Nuevos en la recicladora. Elaboración propia.

Al tener un espacio determinado se arregla en gran medida el problema de los obreros de tener que guardar el producto nuevamente a la tula dejando afuera partes de estos por el apuro, pero el problema se arregla por completo los trabajadores presentan un segundo problema al cual se refiere que los productos al estar mezclados con diferentes tipos, muchas veces los trabajadores para evitar el cambio excesivo de herramientas ya sea por miedo de perderlas, lo cual radica al descuento de esta misma herramienta por parte del trabajador; ellos deciden dejar para el final esa parte y seguir desarmando otro tipo de producto que se pueda usar con la misma herramienta

Para solucionar este problema se planteó ordenar las tulas en la recepción con su mismo tipo de producto para lo cual también se realizó un estudio de tiempo para tener solución a este problema.

**Tabla 2 Medición de tiempo de tulas ordenadas**

<b>Tulas Ordenadas</b>	
<b>Medición de tiempo</b>	<b>Tiempo real (minutos)</b>
<b>Primera medición</b>	95.06
<b>Segunda medición</b>	102.20
<b>Tercera medición</b>	110.30
<b>Cuarta medición</b>	115.10
<b>Quinta medición</b>	98.55
<b>Tiempo Promedio: 104.24 minutos</b>	

Nota: Se muestra la medición de tiempo que se debe tomar para ordenar tulas. Elaboración propia.

### 3.2.3 Sistema de clasificación en las tarjetas electrónicas

Se planea crear una clasificación con respecto a las tarjetas electrónicas.

1. **Tarjeta de Primer Grado:** Son las tarjetas que se pueden obtener de la desmantelación del CPU.
2. **Tarjeta de Segundo Grado:** Son las tarjetas que se obtienen al desmantelar laptops y televisores.
3. **Tarjeta de Tercer Grado:** Son las tarjetas que se obtienen al desmantelar los aparatos eléctricos antiguos, ya que tienen menos porcentaje de recuperación.
4. **Remate:** Son las demás tarjetas que se pueden obtener de otros aparatos electrónicos.

### 3.2.4 Ingreso económico en la empresa por venta de productos en reutilización

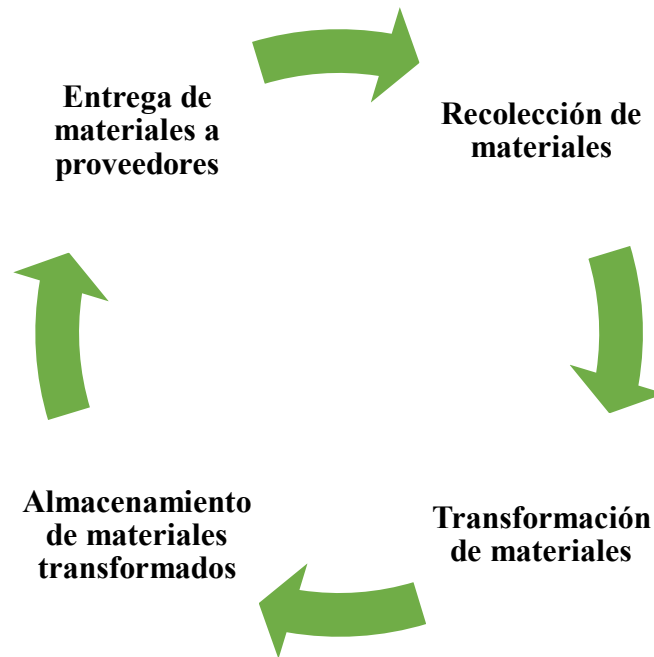
La empresa compra lotes de chatarra electrónica de 3 a 4 veces por año en los cuales llegan productos que se le pueden dar una segunda vida, estos productos son los siguientes: neveras, lavadoras y televisores. El plan es que los trabajadores de la empresa compren los productos antes mencionados que se encuentre en un estado porque al ir desarmando e inspeccionando las fichas técnicas de los productos las fallas presentadas no coincidan; además, dichos productos se plantean vender a los trabajadores por \$30.

### 3.3 Logística inversa de la empresa

En el siguiente apartado se va a mostrar la logística inversa que se implementa dentro de la empresa recicladora, en donde se observa que no se realizan todos los pasos que conlleva una logística inversa.

- 1. Recolección de materiales:** Los recicladores llevan los desechos electrónicos a la recicladora, esta a su vez recibe los materiales sin importarle si están separados en los distintos tipos. Una vez recolectados pasan a las instalaciones para desarmarlos y obtener los materiales electrónicos que se pueden reutilizar, pero sin realizar una revisión exhaustiva de todo el desecho para sacarle su máximo provecho.
- 2. Transformación de materiales:** Al desarmar los aparatos electrónicos entregados, se empiezan a determinar que materiales deben pasar a un proceso de transformación y cuáles pueden ser almacenados. En este proceso el material se transforma en uno nuevo o se lo arregla para que lo puedan volver a utilizar, como las tarjetas de las computadoras que pueden arreglarse y ser utilizadas en otros dispositivos electrónicos.
- 3. Almacenamiento de materiales transformados:** Luego de la transformación y determinación de materiales que se pueden volver a utilizar, se los almacena en una bodega en donde son separados según su reutilización para esperar la venta a los recicladores o grandes recicladoras. Desde este punto se puede visualizar que tanto material se pudo sacar de los desechos electrónicos entregados para su reutilización.
- 4. Entrega de materiales a proveedores:** Los proveedores asisten esporádicamente o reciben llamadas cuando se tienen los materiales para venta, aquí separan los productos determinados, se cobra el precio determinado y se entrega los productos a los compradores. Si las ventas aumentan se pueden adquirir más beneficios económicos que ayudarían a mejorar la maquinaria para realizar los productos reutilizables.

**Figura 8 Logística inversa implementada en la recicladora**



Nota: Se muestra el proceso de logística inversa que es implementada en la recicladora.  
Elaboración propia

**Figura 9 Almacenamiento de desechos electrónicos**



Nota: Se muestra a un trabajador de la recicladora en el proceso de almacenamiento de la basura electrónica que ha sido entregada. Elaboración propia.

### 3.3 Precios de compra de la chatarra electrónica

A continuación, se presentarán los precios de compra de la chatarra electrónica que llevan los recicladores a la empresa recicladora para obtener ganancias, y a su vez la venta de los materiales a las grandes recicladoras. Se debe tener claro que las tarjetas, procesador y chatarra lo pesan en kg y el cobre, bronce, cobre con PVC se lo pesa en libra.

**Tabla 3 Precios de compra/venta de chatarra electrónica**

<b>Desechos</b>	<b>Precio/Compra</b>	<b>Precio/Venta</b>
<b>Tarjeta telecomunicaciones N.- 1</b>	\$ 4.00 k	\$ 6.00 k
<b>Tarjeta telecomunicaciones N.- 2</b>	\$ 2.00 k	\$ 3.00 k
<b>Tarjeta bajo grado N.- 3</b>	\$ 0.40 k	\$ 0.60 k
<b>Tarjeta de celular</b>	\$ 0.40 k	\$ 0.40 k
<b>Tarjeta de laptop</b>	\$ 0.40 k	\$ 0.40 k
<b>Tarjeta de disco duro</b>	\$ 0.30 k	\$ 0.30 k
<b>Tarjeta CPU</b>	\$ 3.50 k	\$ 3.50 k
<b>Procesador</b>	\$ 7.00 lb	\$ 9.00 k
<b>Cobre</b>	\$ 3.00 lb	\$ 4.00 lb
<b>Bronce</b>	\$ 2.00 lb	\$ 2.60 lb
<b>Cobre con PVC al 85% de descuento y 15% de recuperación</b>	\$ 2.50 lb	\$ 4.00 lb

Nota: Se muestra los precios de compra/venta de la basura electrónica de la recicladora.

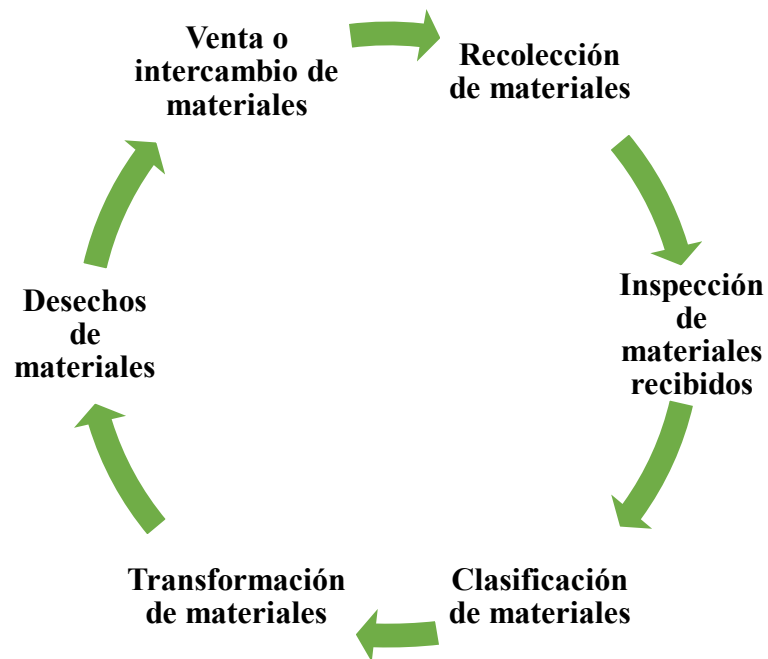
## Capítulo IV: Resultados

### Propuesta de mejora de la logística inversa implementada en la empresa

Desde la observación del proceso de logística inversa que lleva la recicladora, se va a determinar que fases se van a modificar y cuales se van a agregar para mejorar el proceso; de esta manera, no sólo mejoramos el proceso interno, sino que permite una excelente sostenibilidad ambiental en la empresa.

- 1. Recolección de materiales:** Al recibir los materiales electrónicos se determinó, que si es posible se deben entregar separados de acuerdo con el tipo de material que son; esto beneficia a los recicladores, ya que se observa el material ordenado y puede establecerse de manera correcta su pago y también es beneficioso para los trabajadores que realizan el proceso de inspección.
- 2. Inspección de materiales recibidos:** Con los materiales electrónicos recolectados, se realiza una inspección para determinar que materiales tienen más tiempo de vida que otros, si los materiales recolectados están entreverados se verifica si todos pueden tener un proceso de reutilización.
- 3. Clasificación de materiales:** Después de una inspección superficial, se realiza su respectiva clasificación según los tipos de materiales electrónicos y de qué manera se los transforma para ser reutilizados. A partir de este punto, se realiza una inspección más exhaustiva y se aprovecha al máximo todas las partes de los aparatos electrónicos que se encuentran en la recicladora para obtener los materiales.
- 4. Transformación de materiales:** Según su clasificación se empieza a transformar los desechos electrónicos, es decir arreglarlos para darles un nuevo uso y descartar las partes que no se pueden volver a utilizar.
- 5. Desechos de materiales:** Este parte del proceso que se añadió es importante, ya que después de la transformación y de determinar que no se puede utilizar nada más del desecho, se recolecta todo lo que no sirve para botarlo de manera correcta y no perjudicar al medio ambiente con este tipo de basura.
- 6. Venta o intercambio de materiales:** Se cambió el nombre a esta última parte del proceso, ya que no sólo se venden los materiales transformados o arreglados, sino que se pueden intercambiar con otros que la recicladora necesite y pueda obtener ganancias.

**Figura 10 Logística inversa propuesta**



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Obtenida desde el interior de la recicladora con respecto al nuevo proceso de logística inversa.

#### **4.2 Comparación entre la situación actual y la propuesta de mejora**

A partir de la evaluación de la situación inicial de la logística inversa que lleva la empresa recicladora con respecto a la recolección de basura electrónica, se empezó a realizar la propuesta del nuevo proceso de logística inversa. Se analizó cada uno de los procesos de la

logística inversa, para que a partir de esto se puedan establecer y modificar los procesos necesarios para mejorar la recolección de basura electrónica.

Se compararon estos dos procesos de logística inversa dentro de la empresa recicladora; con esto se confirma que los pasos que se establecieron y modificaron provocaron aspectos positivos dentro de la empresa. De esta manera, la recolección de desechos electrónicos se lleva de mejor manera y así se obtienen más beneficios de estos, ya sean económicos y ambientales.

La implementación de la “*Inspección de materiales electrónicos recibidos*” ocasionó que exista una debida clasificación y se puedan aprovechar al máximo cada uno de los elementos de los desechos; además, el proceso de “*Clasificación de materiales*” provoca que se destine cada material donde corresponde y así poder reutilizarlo y desmontarlo para su respectivo intercambio o venta.

A continuación, en la **Tabla 4** se va a realizar la comparación entre los dos procesos para se pueda visualizar los cambios y mejoras a la logística inversa.

**Tabla 4 Comparación entre la logística inversa actual y propuesta**

	Propuesta de mejora	Situación actual
<b>Recolección de materiales</b>	Se recibe los desechos electrónicos de manera ordenada, para recibir su pago correspondiente.	Se entregan los materiales, tal y como se los recolecta y los entregan sin clasificar y ordenar.
<b>Inspección de materiales recibidos</b>	Se determina que materiales electrónicos tienen más tiempo de vida que otros.	Esta parte del proceso no existe, por lo que los materiales entran a la siguiente etapa sin un proceso de inspección.
<b>Clasificación de materiales</b>	Según los tipos de materiales electrónicos y la manera que se los transforma para ser reutilizados.	Esta parte del proceso no existe, por lo que los materiales entran a la siguiente etapa sin estar clasificados.
<b>Transformación de materiales</b>	Se arreglan los desechos electrónicos para darles un nuevo uso y descartar las partes que no se pueden volver a utilizar.	Esta parte del proceso no existe, por lo que los materiales entran a la siguiente etapa sin un proceso de transformación.
<b>Desecho de materiales</b>	Después de la transformación se recolecta todo lo que no sirve para botarlo de manera correcta	Esta etapa del proceso no existe, porque no existe un proceso de transformación.

	y no perjudicar al medio ambiente con este tipo de basura.	
<b>Almacenamiento de materiales reciclados</b>	Esta etapa del proceso se eliminó, porque a penas los materiales se transforman pasan a la siguiente etapa.	Se recolectan los desechos electrónicos y se los almacena hasta que los recicladores deciden que se puede obtener de estos.
<b>Venta o intercambio de materiales</b>	Al tener los materiales electrónicos ya transformados, se inicia el proceso de venta e intercambio de estos materiales.	Los materiales almacenados están disponibles para su respectiva venta e intercambio.

**Nota:** Se muestra la tabla de comparación del proceso de logística inversa actual y la propuesta. Elaboración propia.

### 4.3 Análisis comparativo económico a partir de la propuesta de mejora

#### 4.3.1 Estudio de tiempo en receptor con orden

Al comparar el tiempo real del proceso de recepción y el tiempo estimado que se propone para realizar este proceso, se puede observar que hay una reducción de 13.56 minutos, lo que equivale al 27.36%; por lo tanto, existe efectividad. A pesar de que la reducción del tiempo es mínima, es un gran avance para que al momento de la recepción exista un orden y este proceso se lleve de manera efectiva.

**Tabla 5 Comparación entre el tiempo de recepción**

Medición	Tiempo real (min/s)	Tiempo estimado	Efectividad (Si / No)
	Proceso	(min/s) Propuesta	
1	26.08	29.44	Si
2	63.35	38.52	Si
3	47.27	43.45	Si
4	61.54	32.15	Si
5	39.11	36.14	Si
<b>Tiempo promedio</b>	49.56	36.00	Si

**Nota:** Se muestra la tabla de comparación con respecto al tiempo de recepción de los desechos electrónicos. Elaboración propia.

### 4.3.2 Estudio de tiempo en el área de desmantelamiento

El proceso de desmantelamiento es más complejo que el proceso de recepción, al entregar los desechos ordenados, provoca que los elementos entren directo al proceso de desmantelar y se ahorra el tiempo. El tiempo de diferencia fue de 47.45 minutos, lo que equivale al 31.42%; lo que es un gran avance, ya que gracias a la reducción de ese tiempo los elementos obtenidos entran a la siguiente etapa para su reutilización.

**Tabla 6 Comparación en el tiempo de desmantelamiento**

Medición	Tiempo real (min/s) Proceso	Tiempo estim ado (min/s) Propuesta	Efectividad (Si / No)
1	180.30	95.06	Si
2	120.15	102.20	Si
3	150.20	110.30	Si
4	170.45	115.10	Si
5	140.56	98.55	Si
<b>Tiempo promedio</b>	152.00 min	104.24 min	Si

Nota: Se muestra la tabla de comparación con respecto al tiempo de desmantelamiento de los desechos electrónicos. Elaboración propia.

### 4.3.3 Tiempo de reducción por la clasificación de tarjetas electrónicas

Gracias a la implementación de la clasificación de tarjetas electrónicas se realiza el proceso de manera más rápida; sin embargo, hay que comprobar que las tarjetas pertenezcan y se ubiquen donde corresponden. Hay una reducción de 3 segundo, lo que representa el 12%; esta clasificación provoca que las tarjetas tengan más accesibilidad para la elección por parte de los recolectores o las empresas recicladoras al momento de comprar en la empresa.

**Tabla 7 Comparación de reducción de tiempo por clasificación**

Medición	Tiempo real (min/s) Proceso	Tiempo estimado (min/s) Propuesta	Efectividad (Si / No)
1	0.30 por tarjeta	0.27 por tarjeta	Si
2	0.24 por tarjeta	0.21 por tarjeta	Si
3	0.19 por tarjeta	0.16 por tarjeta	Si
4	0.14 por tarjeta	0.11 por tarjeta	Si
5	0.11 por tarjeta	0.08 por tarjeta	Si
<b>Tiempo promedio</b>	0.19 por tarjeta	0.16 por tarjeta	Si

Nota: Se muestra la tabla de comparación con respecto a la reducción del tiempo gracias a la implementación de clasificación de tarjetas electrónicas. Elaboración propia.

#### 4.4 Sistemas de agilización para mejorar la tasa de recuperación de chatarra electrónica

Para lograr todo lo propuesto anteriormente fue necesario implementar un grupo de sistemas que permita agilizar la recepción y clasificación de los desechos electrónicos y de esta manera maximizar la tasa de recuperación de la chatarra electrónica que se lleva a la empresa recicladora. De esta manera, los trabajadores pueden llevar un proceso más limpio y organizado para que la clasificación de materiales permite obtener todos materiales posibles para su reutilización.

**Tabla 8 Sistemas de agilización en la recepción y clasificación**

Sistema	¿Qué permitió?	¿Qué materiales se recuperaron?
<b>Sistema de identificación de componentes</b>	Identificar los modelos, tipo de materiales y ubicación de los componentes peligrosos y valiosos	Pilas, baterías, tarjetas de memoria, entre otros.
<b>Desmontaje manual</b>	Separar los componentes importantes antes de la trituración o eliminación, así	Baterías, condensadores, cartuchos de tóner y cables

	se recuperó piezas reutilizables	
<b>Clasificación automática</b>	Los trabajadores clasifican la chatarra según el material que predomina en su composición	Pilas, baterías, tarjetas de memoria, cartuchos de tóner, cables, entre otros

Nota: Se muestra la tabla de comparación con respecto a los sistemas que se implementaron para maximizar la tasa de recuperación de chatarra electrónica. Elaboración propia.

### **Tabla 9 Tabla general del material antes de procesar y lo recuperado**

Para alcanzar los objetivos planteados al inicio del proyecto, específicamente el objetivo de maximizar la tasa de recuperación de materiales electrónicos se procedió a registrar el peso inicial de diferentes tulas y pallets con chatarra electrónica, siempre que las políticas internas de la empresa lo permitieron. Los datos que se presentan a continuación corresponden a mediciones realizadas durante una semana. Gracias a la implementación de las mejoras propuestas en los procesos de recepción y desensamblaje, fue posible recuperar materiales que anteriormente eran pasados por alto y que se destinaban directamente al contenedor de residuos.

<b>Material</b>	<b>Peso Inicial Estimado (kg, lb)</b>	<b>Peso Recuperado (kg, lb)</b>
<b>Metales No Ferrosos (Aluminio)</b>	1653.47 Lb	123.4 Lb
<b>Metales No Ferrosos (Cobre)</b>	120 Kg	14.5 Kg
<b>Tarjeta de CP</b>	750 Kg	5.6 Kg
<b>Placa base de Teléfono</b>	500 Kg	3.01 Kg
<b>Metales Preciosos (Plomo, Oro, Plata)</b>	N/D	N/D
<b>Metales No Ferrosos (Bronce)</b>	500 Kg	43.56 Kg
<b>Cobre con PVC</b>	1653.47 Lb	66.13 Lb

Nota: Se muestra la tabla general del material con su respectivo peso antes de su procesamiento y su recuperación. Elaboración propia.

**Tabla 10 Tabla homogenizada**

A continuación, se presenta una tabla homogenizada para facilitar su visualización y comprensión.

Material	Peso Inicial	Peso Inicial	Peso Recup.	Peso Recup.
	(kg)	(lb)	(kg)	(lb)
<b>Metales No Ferrosos (Al)</b>	750.00	1,653.47	55.97	123.40
<b>Metales No Ferrosos (Cu)</b>	120.00	264.55	14.50	31.97
<b>Tarjeta de CP</b>	750.00	1,653.47	5.60	12.35
<b>Placa base de Teléfono</b>	500.00	1,102.31	3.01	6.64
<b>Metales No Ferrosos (Bronce)</b>	500.00	1,102.31	43.56	96.03
<b>Cobre con PVC</b>	750.00	1,653.47	30.00	66.13
<b>TOTALES</b>	<b>3,370.00 kg</b>	<b>7,429.58 lb</b>	<b>152.64 kg</b>	<b>336.52 lb</b>

Nota: Se muestra la tabla en general con sus respectivos pesos tanto al inicio como el peso en el proceso de recuperación. Elaboración propia.

A partir de la aplicación de los sistemas de agilización para mejorar la tasa de recuperación; además, se utilizó la siguiente fórmula para obtener los siguientes resultados:

$$TR = \frac{152.64 \text{ Kg}}{3370 \text{ Kg}} * 100\% = 4.52\%$$

## Conclusiones

En primer lugar, se diseñó la propuesta para optimizar el proceso de logística inversa, esto no solo proporcionó una hoja de ruta estructurada para la gestión de la chatarra electrónica en la empresa recicladora de Guayaquil, sino que también establece las bases para una operación más eficiente y rentable. Su implementación asegura una mejor trazabilidad y control desde la recolección hasta el procesamiento final de los desechos.

Luego, se examinó detalladamente el proceso actual, lo que permitió acceder y cuantificar los cuellos de botellas principales, como la documentación manual, los tiempos de espera prolongados en la recepción con un promedio de 49.56 minutos / segundos y los criterios ambiguos de clasificación. Esta información es crucial para respaldar que las soluciones propuestas incluyan directamente las ineficiencias operacionales detectadas.

Además, se implementó sistemas de agilización para promover una reducción significativa del tiempo de ciclo en las etapas de recepción y clasificación lo equivalente a 27.36%. Esto se traduce directamente en una mayor capacidad de procesamiento diario y el almacenamiento temporal.

Por último, se realizó un análisis comparativo de tiempo en las fases de recepción, desmantelamiento y clasificación de la chatarra electrónica. De esta manera, se visualiza cuanto se redujo el tiempo en la recepción de 13.56 minutos, desmantelamiento 47.45 minutos y clasificación de tarjeta electrónicas de 3 segundos que se toma para realizar cada actividad, esto permite optimizar tiempo y aprovechar todos los materiales recuperados para reutilizarlos.

En general, la materialización de la propuesta respaldada por la corrección de fallas identificadas y el enfoque en la máxima recuperación de materiales asegura una transformación integral del modelo de negocio de la recicladora, posicionándola como un actor más competitivo, sostenible y líder en la gestión eficiente de la chatarra electrónica en la ciudad de Guayaquil.

## **Recomendaciones**

Para asegurar la implementación del proceso se recomienda formalizar la propuesta de optimización mediante un Plan de Gestión de Proyectos estructurado por fases, para que no solo quede en papel, sino que se implemente de manera metódica, medible y financieramente responsable.

Se debe realizar un mapeo exhaustivo del proceso logístico actual utilizando la metodología Business Process Management para identificar con precisión los tiempos muertos, las actividades que no agregan valor y los puntos exactos donde ocurre una pérdida. Además, establecer indicadores para comprobar el proceso: tiempo promedio de descarga y recepción, tasa de errores de clasificación, costo por unidad procesada y tasa de recuperación de material por peso.

Se recomienda reorganizar el área de recepción y descarga para crear flujos de trabajo paralelos, esto puede incluir carriles separados para descargas rápidas y descargas complejas para evitar cuellos de botellas. También, invertir en un software que permita: registrar automáticamente la chatarra al momento de la recepción, generar documentación digitalizada y seguir en tiempo real el inventario clasificado.

Por último, se puede realizar un análisis económico acerca de las ganancias obtenidas a partir de los cambios en la logística de la empresa. Además, invertir en equipos de separación especializados que permitirán la recuperación de fracciones muy pequeñas que podrían estar siendo descartadas.

## Referencias bibliográficas

- Arrieta, C. (2022). *Diseño de un sistema de logística inversa de manejo de residuos en la empresa Liteyca en la ciudad de Sincelejo Sucre*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
- BBVA. (9 de enero de 2025). ¿Qué es el reciclaje y por qué es importante reciclar? <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-reciclaje-y-por-que-es-importante-reciclar/>
- Cabeza, D. (2024). *Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro*. Marge books.
- Campoverde, J., Carrillo, M., Jiménez, J., Roldán, R., Loyola, D., y Coronel, K. (2022). Revisión de la literatura sobre logística inversa, sus aplicaciones y tendencias futuras. *Enfoque Ute*, 13(2), 31-47.
- Cavazos, B. (2020). Tú puedes hacer la diferencia. ¡Infórmate, decide y actúa! <https://monitoreducativo.com/2020/10/17/basura-electronica-problema-latente/>
- Chilán, D., Sánchez, A., Jama, C., & Carreño, E. (2022). Impactos que generan los desechos tecnológicos en el medio ambiente. *Journal TechInnovation*, 1(2), 26-32.
- Chimbo, P. & Llano, M. (2023). *Rediseño de procesos, procesos, clientes, logística inversa, optimizar*. Tecnológico Universitario Pichincha. Quito, Ecuador.
- Conekta. (24 de agosto de 2023). Guía completa sobre logística inversa y estrategias efectivas para tus devoluciones. <https://www.conekta.com/blog/logistica-inversa>
- Corro, F. (2024). Diseño De Un Proceso De Reingeniería De Estrategias Para Reducir Las Chatarras Electrónicas Del Medio Ambiente En Panamá, 2022. *REICIT*, 3(2), 145-153.
- Delgado, W. (22 de abril de 2025). Guayaquil Recicla 370 kg con Jóvenes en Parque Samanes durante el Viernes Verde 2025. <https://www.eldiario.ec/guayaquil-recicla-370-kg-con-jovenes-en-parque-samanes-durante-el-viernes-verde-2025-20250422/>
- Domínguez, X. y González, W. (2025). *Estudio de la reducción de la huella de carbono mediante la implementación de la logística inversa en equipos celulares obsoletos en la ciudad de Guayaquil*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Flores, J. (2023). La basura electrónica y su peligro para el medio ambiente. [https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/peligros-basura-electronica\\_13239](https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/peligros-basura-electronica_13239)
- Google Maps. (2025). Mapa de Guayaquil. [https://www.google.com/maps/place/Guayaquil/@-2.1521492,-80.1449179,48296m/data=!3m2!1e3!4b1!4m6!3m5!1s0x902d13cbe855805f:0x8015a492f4fca473!8m2!3d-2.1891341!4d-79.8899031!16zL20vMDFma250?entry=tту&g\\_ep=EgoyMDI1MTAwOC4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D](https://www.google.com/maps/place/Guayaquil/@-2.1521492,-80.1449179,48296m/data=!3m2!1e3!4b1!4m6!3m5!1s0x902d13cbe855805f:0x8015a492f4fca473!8m2!3d-2.1891341!4d-79.8899031!16zL20vMDFma250?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MTAwOC4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D)

- González, P. (2023). El 96% de los residuos electrónicos se desecha en Ecuador, ¿cómo reciclarlos? <https://www.primicias.ec/noticias/economia/basura-reciclaje-celulares-baterias-cables/>
- Jiménez Soria, G; Haro Parra, A y Rodríguez, C. (2024). Procesos de logística inversa y su impacto en el proceso de almacenamiento en la empresa Imporcoelec Cia. Ltda, Santo Domingo,2024. *Revista Social Fronteriza* 2024; 4(4): e366.
- La Hora. (2021). Basura electrónica representa riesgos para la salud y el planeta. <https://www.lahora.com.ec/pais/la-basura-electronica-representa-riesgos-para-la-salud-y-elplaneta/>
- Lasa, I. (2024). *Optimización de procesos logísticos mediante la integración de robótica: Robótica en la logística inversa*. Universidad Europea de Madrid.
- Lino, M. y Solis, M. (2025). *Desarrollo de un plan de prevención y gestión de la contaminación por residuos electrónicos en el cantón Jipijapa*. Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Marche, C., Soma, G. G., y Nitti, M. (2023). A Cognitive Social IoT Approach for Smart Energy Management in a Real Environment. *IEEE Transactions on Network and Service Management*. <https://doi.org/10.1109/TNSM.2023.3255409>
- Marcillo, F. (2024). Uso de aplicaciones móviles para la concienciación del reciclaje de desechos electrónicos en estudiantes de nivel superior de educación en Ecuador. *Revista Científica Kosmos*, 3(2), 49-66.
- Merchán, E. J., Campozano, Y. H., & Figueroa, G. L. (2020). El manejo de desechos tecnológicos y su impacto ambiental. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7407742>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2024). Guía gestión de RAEE en Ecuador
- Morales, D. (2022). Estudio comparativo del manejo administrativo y legal de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos–RAEE entre Colombia, Brasil, México, Argentina y Chile.
- Pang, S., Deng, Y., Zhang, G., Zhou, Y., Qin, X., Wu, Z., y Li, J. (2023). PcGC: A Parity-Check Garbage Collection for Boosting 3D NAND Flash Performance. *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*. <https://doi.org/10.1109/TCAD.2023.3281517>
- Ramírez, A., Orellana, L., Tapia, R., Teves, R., & Tisoc, J. (2023). *Métodos de investigación científica*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.
- Ramos, M. (2020). *Propuesta de una metodología de logística inversa para la recuperación de llantas de motocicletas post-consumo en el Distrito Metropolitano de Quito*. Universidad de las Américas. Quito, Ecuador.

- RCODA. (2019). Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. *Registro Oficial Suplemento 507 de 12-jun.*
- Recicla Electronic. (2024). Reciclaje Electrónico en Guayaquil. <https://www.reciclaelectronic.com/2024/08/08/reciclaje-electronico-en-guayaquil/>
- Restrepo, S. (2020). Logística Inversa como reducción de costos. *UNACIENCIA: Revista de Estudios e Investigaciones*, 13(24), 63-70.
- Rico, A., y Leiva, A. (2024). Estrategias para la gestión sostenible de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).
- Ruiz, H. (2024). Gestión de residuos sólidos y su relación con la inversión pública en municipalidades del Perú. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 8(22), 220-231.
- Sarango, A., Pallmay, E., Sarzosa, J., & Pozo, J. (2024). Tipos y clasificación de las investigaciones. *Latam: revista latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(2), 39.
- Zambrano, C., Macías, J., y Medina, N. (2022). Buenas prácticas en el manejo de residuos electrónicos en América Latina. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 10(1).