



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

**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**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Industrial

AUTORES:

Xavier Andrés Dominguez Ruiz

Wilson Ferney González

TUTOR: Ing. Marjorie Verónica Tingo Soledispa, Mgtr.

Guayaquil - Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Xavier Andrés Dominguez Ruiz con documento de identificación N°2450179672 y Wilson Ferney González con documento de identificación N°0930298260; 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, 22 de enero del año 2025

Atentamente,

Xavier Dominguez R

Xavier Andrés Dominguez Ruiz
2450179672

Wilson Gonzalez F

Wilson Ferney González
0930298260

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

Nosotros, Xavier Andrés Dominguez Ruiz con documento de identificación No.2450179672 y Wilson Ferney González con documento de identificación No.0930298260, 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 Artículo Académico: “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”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero 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, 22 de enero del año 2025

Atentamente,

Xavier Dominguez R

Xavier Andrés Dominguez Ruiz
2450179672

Wilson Gonzalez F.

Wilson Ferney González
0930298260

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: 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 , realizado por Xavier Andrés Dominguez Ruiz con documento de identificación N°2450179672 y por Wilson Ferney González con documento de identificación N°0930298260, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 22 de enero del año 2025

Atentamente,



Ing. Marjorie Verónica Tingo Soledispa, Mgtr
0917456998

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, con todo mi cariño y agradecimiento, por su apoyo inquebrantable y su amor incondicional. Gracias por creer en mí, por sus sacrificios y por ser mi fuente de inspiración y fortaleza. A mis hermanos y a mi familia, que siempre están apoyándome en todo y celebrando conmigo cada pequeño logro, gracias por su compañía. Han sido una parte fundamental para mí, tanto en lo personal como en lo académico. A mis amigos, por su compañía y por brindarme su apoyo en todo momento.

A cada uno de ustedes, expreso mi más sincero agradecimiento por su constante compañía y por darle un sentido más especial y llevadero a este viaje. Este proyecto no hubiera sido posible sin el cariño y apoyo de todos ustedes.

Xavier Andrés Domínguez Ruiz

AGRADECIMIENTO

Es un honor tener la oportunidad de reconocer y agradecer a todas aquellas personas que, con su apoyo, dedicación y aliento, hicieron posible la culminación de este trabajo.

A mis padres, con todo mi cariño y admiración, quiero dedicarles estas palabras. Gracias por su amor incondicional, por creer siempre en mí y por ser mi mayor fuente de fortaleza e inspiración. Su ejemplo, sus sacrificios y su apoyo constante me han guiado en cada paso de este camino, haciendo que todo esfuerzo valiera la pena.

A todos, familia y amigos, una vez más, mi sincero agradecimiento. Esta tesis es el resultado del esfuerzo colectivo, y estoy profundamente agradecido por haber contado con personas tan especiales a lo largo de este proceso.

Xavier Andrés Domínguez Ruiz

DEDICATORIA

Este artículo va dedicado especialmente a mis padres, Wilson de Jesús Gonzalez Ospina y a Tina Julve y a mis abuelos, quienes con su amor incondicional, esfuerzo constante y sabias enseñanzas han sido mi mayor inspiración. En especial a mi abuela María Valentina García Carrillo, cuyos consejos y amor me ayudaron a crecer como persona. Su apoyo fue fundamental durante todo este proceso.

Ustedes me han mostrado el valor del trabajo honesto, la perseverancia y la importancia que es creer en mis sueños. Gracias por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles, brindándome fortaleza, ánimo y confianza para seguir adelante. Este logro no es solo mío, sino también de ustedes, quienes me han impulsados para alcanzar cada meta.

Con todo mi amor y eterna gratitud, dedico este trabajo a ustedes.

Wilson Ferney Gonzalez

AGRADECIMIENTO

Es un honor para mí poder dedicar unas palabras de agradecimiento a todas las personas que me han dado todo su apoyo y confianza en todo el proceso de este trabajo.

Primero que nada a Dios, por permitir culminar este paso muy importante en mi vida y en los de mis seres querido, a la Universidad Politécnica Salesiana y a todos sus docentes por sus enseñanzas.

Un agradecimiento muy especial a mis padres, Wilson y Tina por su amor incondicional, su apoyo constante y por siempre estar a mi lado, motivándome a seguir adelante. Este logro es el reflejo de su esfuerzo y dedicación.

A todos los que han sido parte de este camino, mis más sinceros agradecimientos. Este es el trabajo de un esfuerzo compartido y de las enseñanzas que he recibido de cada uno de ustedes.

Wilson Ferney Gonzalez

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.

Xavier Andrés Dominguez Ruiz y Wilson Ferney González

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador xdominguezr@est.ups.edu.ec

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador wgonzalez1@est.ups.edu.ec

RESUMEN

La logística inversa es una estrategia clave y sostenible para reducir el impacto ambiental de los dispositivos electrónicos, permitiendo reciclar y extender su vida útil, lo que disminuye la huella de carbono asociada a su ciclo de vida. En Guayaquil, el consumo tecnológico ha incrementado significativamente los residuos electrónicos, muchos de los cuales terminan en vertederos, liberando sustancias tóxicas y agravando el cambio climático. Este estudio analiza la logística inversa como solución integral, combinando metodologías cuantitativas y documentales. Se realizaron análisis de datos secundarios y una revisión bibliográfica exhaustiva para identificar tendencias, comprender el problema y contextualizarlo desde una perspectiva teórica y práctica. El objetivo principal es evaluar la gestión de celulares obsoletos, optimizando rutas de transporte, procesos logísticos y colaboración en la cadena de suministro. Pese a desafíos estructurales, la logística inversa podría posicionar a Guayaquil como referente regional en sostenibilidad, fomentando la economía circular y la protección ambiental.

Palabras claves: *E-waste, Residuos electrónicos, Economía circular, Logística inversa, Sostenibilidad, Huella de carbono.*

ATBSTRAC

Reverse logistics is a key and sustainable strategy to reduce the environmental impact of electronic devices, allowing them to be recycled and extend their useful life, which reduces the carbon footprint associated with their life cycle. In Guayaquil, technological consumption has significantly increased electronic waste, much of which ends up in landfills, releasing toxic substances and aggravating climate change. This study analyzes reverse logistics as a comprehensive solution, combining quantitative and documentary methodologies. Secondary data analysis and a comprehensive literature review were conducted to identify trends, understand the problem, and contextualize it from a theoretical and practical perspective. The main objective is to evaluate the management of obsolete cell phones, optimizing transportation routes, logistics processes and collaboration in the supply chain. Despite structural challenges, reverse logistics could position Guayaquil as a regional benchmark in sustainability, promoting the circular economy and environmental protection.

Key words: *E-waste, Electronic waste, Circular economy, Reverse logistics, Sustainability, Carbon footprint.*

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
A.	<i>Objetivo General</i>	2
B.	<i>Objetivos Específicos</i>	2
II.	REVISION DE LITERATURA	2
III.	METODOLOGÍA	4
IV.	RESULTADOS	5
V.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	9
A.	<i>Impulso Industrial en el reciclaje de equipos celulares obsoletos: Una solución estratégica para reducir la huella de carbono</i>	9
1)	<i>Automatización y eficiencia en procesos industriales</i>	9
2)	<i>Incentivos económicos</i>	9
3)	<i>Producción local y economía circular</i>	9
4)	<i>Regulaciones y normativas</i>	9
5)	<i>Regulación y normalización en los procesos industriales</i>	9
B.	<i>Estrategia industrial para la gestión y reciclaje de celulares obsoletos en Guayaquil</i>	10
C.	<i>Diseño de una planta de reciclaje de RAEE</i>	10
1)	<i>Procesos industriales especializados</i>	10
2)	<i>Infraestructura escalable y sostenible</i>	10
D.	<i>Gestión logística eficiente para la recolección</i>	10
1)	<i>Optimización del transporte</i>	10
2)	<i>Creación de nodos de recolección</i>	10
E.	<i>Gestión y control industrial avanzado</i>	11
1)	<i>Sistemas inteligentes</i>	11
2)	<i>Certificaciones y estándares de calidad</i>	11
F.	<i>Fomento de alianzas estratégicas y economía circular</i>	11
1)	<i>Alianzas público-privadas</i>	11
2)	<i>Valorización de materiales reciclados</i>	11
G.	<i>Evaluación y proyección a futuro</i>	11
VI.	CONCLUSIÓN	11
VII.	REFERENCIAS	12

I. INTRODUCCIÓN

Realizar un estudio de la logística inversa eficiente presenta varios desafíos operativos y logísticos. Las empresas deben reconfigurar sus redes de distribución para manejar el flujo de productos devueltos, lo que puede requerir inversiones significativas en infraestructura y tecnología. Además, la gestión de inventarios de productos devueltos como los equipos celulares obsoletos es más compleja que la de productos nuevos, ya que estos pueden variar en estado y valor [1]. Las regulaciones ambientales y de desechos electrónicos (RAEE) varían significativamente entre regiones, lo que puede complicar una implementación de un sistema de global [2]. Las empresas deben asegurarse de cumplir con todas las normativas locales, lo que puede requerir una gestión compleja y costosa de los productos devueltos.

A pesar de los beneficios ambientales, al estudiar un sistema de logística inversa puede enfrentar resistencia interna y externa. Algunas partes interesadas pueden percibirlo como un costo adicional en lugar de una inversión en sostenibilidad. Convencer a los inversores y a la alta dirección de la importancia estratégica de la logística inversa para la responsabilidad social corporativa puede ser un desafío [3].

Los proveedores deben estar dispuestos a aceptar equipos celulares obsoletos devueltos y a colaborar en su reciclaje o remanufactura. Por otro lado, los clientes deben estar educados e incentivados para devolver productos de manera adecuada. Sin una cooperación efectiva, la eficiencia del sistema de logística inversa puede verse comprometida. El estudio de una logística inversa es crucial para la sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono de las empresas.

Sin embargo, se enfrenta varios desafíos que deben ser cuidadosamente gestionados, como lo es la inversión inicial, la complejidad operativa y la necesidad de colaboración efectiva son grandes barreras que las empresas

deben superar para aprovechar plenamente los beneficios de esta estrategia. A pesar de estos desafíos, la logística inversa ofrece una solución viable y necesaria para los problemas ambientales actuales, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad dentro de la ciudad [4].

En la actualidad, la creciente preocupación por el cambio climático y la sostenibilidad ha llevado a las empresas a buscar métodos más innovadores para reducir su impacto ambiental. En el contexto de los equipos celulares obsoletos, la logística inversa se presenta como una estrategia crucial. Este proceso implica la planificación y gestión del retorno de dispositivos móviles desechados desde el punto de consumo hasta su punto de origen o centros especializados, con el fin de permitir su reutilización, reciclaje, o disposición final adecuada [5]. A través de la logística inversa, se puede mitigar el impacto ambiental derivado del desecho de estos dispositivos, promoviendo una economía circular y contribuyendo significativamente a la reducción de la huella de carbono [6].

El desarrollo de un sistema de logística inversa eficiente se justifica por la necesidad imperiosa de mitigar los efectos del cambio climático y promover la sostenibilidad ambiental. Dentro de un marco global donde las empresas enfrentan una creciente presión para reducir su huella de carbono, la cual ofrece una solución práctica y efectiva.

Al implementar este sistema, las empresas pueden abordar varios problemas ambientales y operativos. Primero, permite la recuperación y reutilización de partes de equipos celulares obsoletos, lo cual disminuye la cantidad de residuos que terminan en un vertedero. Estos no solo reducen la contaminación del suelo y el agua, sino que también evita la liberación de gases de efecto invernadero que están asociados con la descomposición de residuos en vertederos. Además, mejora la eficiencia en el uso de recursos [7]. Al reciclar y remanufacturar estos equipos, las empresas reducen su dependencia de materias primas nuevas, lo que

disminuye la energía y los recursos necesarios para la extracción y procesamiento de estos materiales. Este enfoque no solo es más sostenible, sino que también puede generar ahorros significativos en costos operativos y de producción.

Desde un punto de vista con respecto al transporte, permite optimizar las rutas de recolección y distribución de productos devueltos. Esto conduce a una reducción en el número de viajes necesarios, por ende, en las emisiones de carbonos derivadas del transporte. Además, la utilización de vehículos de bajas emisiones para esta operación puede contribuir significativamente a la disminución de huella de carbono global de las empresas en la ciudad de Guayaquil.

A. Objetivo General

Evaluar la efectividad del estudio de la logística inversa como estrategia para la reducción de la huella de carbono, a través del manejo adecuado de equipos celulares obsoletos en la ciudad de Guayaquil, analizando su impacto ambiental y proponiendo mejoras en los procesos actuales de gestión de residuos electrónicos.

B. Objetivos Específicos

- Analizar los procesos actuales de gestión de residuos electrónicos en Guayaquil y su impacto en la huella de carbono.
- Fomentar la comunicación entre los diferentes actores involucrados de la cadena de suministros para asegurar la correcta implementación y operación de la logística inversa, maximizando su efectividad y sostenibilidad.
- Analizar las rutas de transporte inverso para reducir las emisiones de CO₂, mejorando la eficiencia y disminuyendo los costos operativos asociados al proceso logístico.

II. REVISION DE LITERATURA

La logística Inversa es la gestión eficiente del retorno de productos desde el consumidor

final hasta el origen, para reutilizarlos, reciclarlos o disponer de ellos adecuadamente. Este enfoque no solo reduce la cantidad de residuos en vertederos, sino que también recupera valor de los productos desechados. La logística inversa implica actividades como la devolución de productos, el reciclaje de materiales y la gestión de residuos peligrosos.

La logística inversa aporta significativos beneficios al medio ambiente. Por un lado, disminuye la cantidad de residuos que terminan en los vertederos. Además, al recuperar y reutilizar productos usados, las empresas logran prolongar su vida útil y reducir la necesidad de fabricar nuevos artículos. Esto disminuye la cantidad de recursos naturales utilizados en la producción y reduce la generación de residuos [8].

Los beneficios ambientales, la logística inversa también ofrece ventajas económicas significativas para las empresas. La recuperación y reutilización de productos puede reducir los costos de adquisición de materias primas y disminuir los gastos asociados con la gestión de residuos. Por ejemplo, la remanufactura de productos permite a las empresas vender productos a precios competitivos mientras mantienen márgenes de ganancia más altos debido a los menores costos de producción [9].

Asimismo, mejora la eficiencia en el uso de recursos al reciclar y remanufacturar productos. Esto reduce la dependencia de nuevas materias primas y disminuye el consumo de energía y agua necesarios para la producción de productos nuevos. Estudios previos han demostrado que la remanufactura puede ser hasta un 85% más eficiente en términos de energía comparado con la producción de productos nuevos.

Por otro lado, optimizar las rutas de transporte para la recolección y distribución de productos devueltos es esencial para minimizar las emisiones de carbono. La logística inversa permite planificar rutas eficientes que reducen el número de viajes necesarios, disminuyendo

así las emisiones derivadas del transporte. Además, la adopción de vehículos de bajas emisiones en estas operaciones puede contribuir significativamente a la reducción de la huella de carbono global de las empresas.

A pesar de los beneficios, la implementación de la logística inversa presenta desafíos significativos. La necesidad de infraestructura adecuada, la complejidad en la gestión de retornos y la coordinación con múltiples partes involucradas en la cadena de suministro son algunos de los obstáculos que deben superarse. Además, la logística inversa requiere un cambio cultural dentro de las organizaciones, donde todos los niveles de la empresa deben estar comprometidos con la sostenibilidad.

El desarrollo de un sistema de logística inversa eficiente es una estrategia esencial para mitigar los efectos del cambio climático y promover la sostenibilidad ambiental. A través de la recuperación y reutilización de productos, la optimización de rutas de transporte y la adopción de tecnologías de bajas emisiones, las empresas tienen la oportunidad de disminuir considerablemente su impacto ambiental y favorecer la construcción de un futuro más sostenible. La colaboración entre las partes involucradas, el uso de innovaciones tecnológicas y el apoyo de políticas y regulaciones son cruciales para maximizar los beneficios de la logística inversa.

Huella de carbono se refiere a el total de emisiones de gases de efecto invernadero generadas de forma directa e indirecta por una actividad, persona u organización. Estos gases, principalmente dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxidos de nitrógeno (NO_x), son medidos en términos de CO_2 equivalente (CO_2e) para proporcionar una medida uniforme de impacto ambiental. La huella de carbono se ha convertido en un indicador crucial en la evaluación del impacto ambiental y en la formulación de estrategias de mitigación del cambio climático [10].

Medir la huella de carbono es esencial para entender y gestionar el impacto ambiental de las actividades humanas. Esta medición permite identificar las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero y desarrollar estrategias efectivas para reducirlas. Además, la evaluación de la huella de carbono es fundamental para el cumplimiento de regulaciones ambientales y para responder a la creciente demanda de sostenibilidad por parte de los consumidores y otras partes interesadas.

Es un indicador clave para evaluar el impacto ambiental de las actividades humanas y desarrollar estrategias efectivas para la mitigación del cambio climático. Medir y reducir la huella de carbono en la cadena de suministros no solo es crucial para cumplir con regulaciones ambientales y responder a la demanda de sostenibilidad, sino que también ofrece beneficios económicos y mejora la reputación corporativa. Con la adopción de prácticas sostenibles y el uso de tecnologías avanzadas, las empresas pueden contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y al desarrollo sostenible.

Los equipos electrónicos obsoletos, también conocidos como residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), son dispositivos que han dejado de ser funcionales o útiles debido a su antigüedad o a la falta de soporte tecnológico. Esto incluye una amplia variedad de productos como teléfonos móviles, computadoras, televisores, y electrodomésticos. La obsolescencia de estos equipos puede estar provocada por la rápida evolución tecnológica, cambios en las tendencias de consumo o la discontinuación de actualizaciones por parte de los fabricantes.

El manejo de estos equipos presenta un gran reto en la gestión de residuos, ya que contienen materiales potencialmente peligrosos, como metales pesados (mercurio, plomo, cadmio) que, si no se tratan correctamente, pueden contaminar el medio ambiente, afectando tanto el suelo como los recursos hídricos, y poniendo en riesgo la salud pública. Según las conclusiones del Monitoreo regional de los

residuos electrónicos para América Latina, los resultados de los trece países que participan en el proyecto UNIDO-GEF 5554 (“e-Waste Monitor”), muchos de los países de la región no presentan al Convenio de Basilea informes sobre los movimientos transfronterizos, lo cual dificulta el seguimiento y control de los residuos electrónicos y sus movimientos, dentro y fuera de la región [11].

Por otro lado, estos dispositivos también albergan materiales valiosos, como metales preciosos (oro, plata, platino), que pueden ser recuperados y reutilizados a través de procesos de reciclaje. No obstante, la falta de infraestructura adecuada para la recolección y procesamiento de estos residuos en muchas áreas, incluida Guayaquil, intensifica el problema, incrementando la huella de carbono y el deterioro ambiental.

Por consiguiente, la implementación de estrategias sostenibles, como la logística inversa, para la gestión de estos equipos obsoletos es esencial para reducir su impacto negativo, promoviendo una economía circular que optimice la reutilización de recursos y minimice la generación de residuos [12].

La gestión de los residuos electrónicos está relacionada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) especialmente con el ODS 3 sobre salud y bienestar, el ODS 6 sobre el agua limpia y saneamiento, el ODS 8 sobre trabajo decente, y el ODS 14 sobre la vida submarina [13].

Los residuos electrónicos se incluyen principalmente en los ODS 11 ciudades y comunidades sostenibles y 12 producción y consumo responsable, dado que más de la mitad de la población mundial vive en ciudades. La rápida urbanización requiere nuevas soluciones para hacer frente a los crecientes riesgos para el medio ambiente y la salud de las personas, especialmente en zonas densamente pobladas, es especialmente importante importar de manera adecuada los residuos electrónicos en zonas urbanas [13].

III. METODOLOGÍA

En este estudio, se adoptó una estrategia metodológica que combina enfoques cuantitativos y documentales, con el propósito de proporcionar una base analítica sólida y bien fundamentada. Por un lado, se empleó el análisis de datos secundarios, una técnica que permite aprovechar información ya existente recolectada por fuentes confiables, como informes de mercado, estadísticas oficiales y estudios especializados. Este enfoque es especialmente útil para identificar tendencias generales, patrones de comportamiento y datos significativos relacionados con el objeto de estudio, sin la necesidad de realizar una recolección primaria de datos. A partir de esta metodología, se busca comprender fenómenos actuales y pasados desde un enfoque estructurado y basado en evidencia.

De manera complementaria, se ha desarrollado una revisión bibliográfica exhaustiva, enfocada en explorar literatura académica, investigaciones previas y publicaciones especializadas. Esta revisión documental tiene como objetivo contextualizar el fenómeno de estudio y enriquecer el análisis con fundamentos teóricos, históricos y perspectivas críticas sobre el tema.

Cuando se combinan ambas metodologías, se logra una sinergia que fortalece el proceso de investigación al aprovechar las ventajas de cada enfoque. Por un lado, la metodología cualitativa permite explorar a profundidad las percepciones, experiencias y significados atribuidos por los sujetos de estudio, proporcionando un contexto enriquecido para la interpretación de los resultados. Por otro lado, la metodología cuantitativa aporta rigor y precisión mediante la medición objetiva de variables y el análisis estadístico, lo que facilita la identificación de patrones y tendencias en los datos recopilados.

Al emplearlas de manera integrada, se obtiene una comprensión más holística del fenómeno estudiado, equilibrando la

subjetividad del análisis cualitativo con la objetividad del cuantitativo. Esto no solo amplía el alcance de la investigación, sino que también permite validar los hallazgos desde múltiples perspectivas, fortaleciendo la solidez y credibilidad de las conclusiones. En este sentido, la combinación de ambos enfoques posibilita un análisis más profundo y fundamentado, que abarca tanto el plano teórico, al relacionar los hallazgos con conceptos y marcos de referencia previos, como el práctico, al aplicar el conocimiento generado a situaciones reales o problemáticas concretas.

IV. RESULTADOS

La gestión de residuos electrónicos en la ciudad de Guayaquil sigue un enfoque basado en la normativa nacional, adaptándose a las condiciones locales liderados por entidades públicas y privadas.

Basado en información proporcionada por el municipio de Guayaquil el 24 de agosto del 2024 se realizó una campaña de reciclaje de desechos electrónicos obsoletos donde se habilitaron 7 puntos estratégicos en la ciudad.

Según la vicealcaldesa Blanca López “Ecuador genera anualmente 90.000 toneladas de desechos electrónicos y es asombroso como solo 4% de ese total está siendo recopilado. Guayaquil requiere de impulsar iniciativas que promuevan el manejo adecuado de desechos electrónicos” [14].

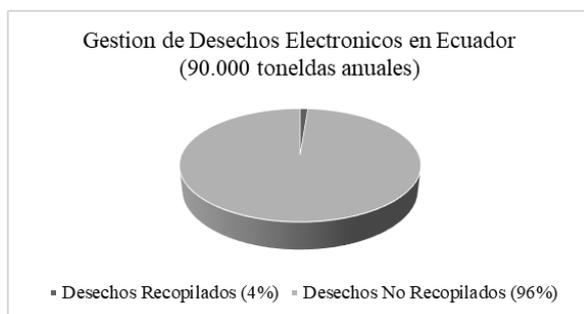


Figura 1. Gestión de desechos electrónico en Ecuador [14]

Esto evidencia la necesidad urgente de impulsar iniciativas en ciudades como Guayaquil para mejorar el manejo de estos residuos.

Para identificar los residuos electrónicos se prioriza la recolección de equipos electrónicos obsoletos como celulares. Estas actividades se enfocan en dispositivos que suelen acumularse en hogares y oficinas. Luego se establecieron puntos de recolección en distintos lugares de la ciudad, como oficinas colaboradoras como Netlife y eventos organizados por recicladoras autorizadas como Vertmonde.

Tras su recolección, los residuos electrónicos se clasifican de acuerdo con su composición, diferenciando metales y distintos componentes. Este proceso se ubica dentro del principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), el cual establece que los fabricantes e importadores deben hacerse cargo del manejo de sus productos una vez que estos llegan al final de su vida útil.

Empresas como Vertmonde procesan residuos electrónicos, recuperan materiales como cobre, aluminio y componentes de baterías. Esto logra fomentar una economía circular al reintegrar estos materiales en nuevos procesos, respaldadas por el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS).

La política nacional de la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) Desde el año 2013, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica ha diseñado y llevado a cabo políticas públicas orientadas a implementar el principio de responsabilidad extendida del productor (REP) en el manejo integral de residuos. Este enfoque, de carácter internacional, ha sido liderado por la Autoridad Ambiental Nacional, publicó la “Política Nacional de Aplicación de Responsabilidad Extendida de Importadores de Equipos Eléctricos y Electrónicos en Desuso PostConsumo”, Con el fin de definir las directrices para la correcta gestión de equipos eléctricos y electrónicos en desuso, se promulgó el Acuerdo Ministerial Nro. 190, registrado en

el Registro Oficial Nro. 881 el 29 de enero de 2013.

A partir 2008, la Constitución del Ecuador ha reconocido los derechos relacionados con el medio ambiente en el artículo 71, en el que se declara a la naturaleza como sujeto de derechos, y que se “respeta integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Lo que convierte al Ecuador en el primer país del mundo en asignarle esa categoría jurídica.”

Es relevante señalar que entre 2013 y 2015, este Acuerdo logró una alta eficiencia en la recolección de estos residuos, recuperando aproximadamente 271.328 unidades por año. Esta efectividad se debió a la aplicación de las Resoluciones Nro. 67, 69, 100, 104 y 124 del COMEX, que impusieron restricciones a los cupos de importación de celulares, medida que estuvo en vigor hasta 2015. A partir de esta fecha se redujo a un promedio de 33.614 unidades anuales recuperadas, las cuales fueron destinadas a procesos de desensamble y desmantelamiento [10].

Ecuador cuenta con un marco legal orientado a la gestión de residuos provenientes de equipos eléctricos y electrónicos, basado en el principio de responsabilidad extendida del productor. Este marco se desarrolla en dos etapas: la primera corresponde a la emisión de la “Política Nacional de Aplicación de Responsabilidad Extendida de Importadores de Equipos Eléctricos y Electrónicos en Desuso Postconsumo” en 2013; mientras que la segunda comienza con la implementación del Código Orgánico del Ambiente en 2017, fortalecida posteriormente con la promulgación de la Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva en 2021 [10].

Aunque se ha señalado que Ecuador tiene una Política de gestión de RAEE desde 2013, esta solo abarcaba un tipo de AEE (celulares). No obstante, con la implementación del Acuerdo Ministerial Nro. MAATE-2022-067, la política se ha expandido para fomentar una

correcta gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en todo el país.



Figura 2. Articulación institucional del sector público para la gestión de RAEE [10]

De forma general, los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) son dispositivos que contienen circuitos o componentes eléctricos y operan a través de energía eléctrica o baterías. Este término abarca una amplia variedad de equipos utilizados en contextos tanto domésticos como comerciales, incluidos electrodomésticos, juguetes, sistemas de audio y dispositivos relacionados con las tecnologías de la información (TIC), como teléfonos móviles, computadoras personales, impresoras y equipos de climatización, entre otros.

Tabla 1.

Categorización AEE. Fuente: *The Global E-waste Monitor 2020 Quantities flows and the circular economy potential*.

Categoría de AEE	AEE que están comprendidos en las categorías
Aparatos de intercambio de temperatura.	Generalmente conocidos como equipos de refrigeración y congelación, esta categoría abarca refrigeradores, congeladores, aires acondicionados y bombas de calor.
Pantallas y monitores	En esta categoría se encuentran los televisores, monitores, laptops, incluidos los miniportátiles, y tabletas.

Grandes aparatos	También incluye lavadoras, secadoras, lavavajillas, cocinas eléctricas, impresoras grandes, fotocopiadoras y paneles fotovoltaicos.
Pequeños aparatos	Entre otros dispositivos, se consideran las aspiradoras, microondas, equipos de ventilación, tostadoras, hervidores eléctricos, afeitadoras eléctricas, básculas, calculadoras, radios, videocámaras, juguetes eléctricos, entre otros.
Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños	Por último, se incluyen teléfonos móviles, dispositivos GPS, calculadoras de bolsillo, routers, computadoras personales, impresoras y teléfonos.

El reciclaje de celulares es una práctica cada vez más relevante en la sociedad actual, donde la tecnología avanza a pasos agigantados y donde estos dispositivos son parte fundamental de nuestra vida cotidiana. En la era digital, la obsolescencia programada y la constante renovación de los modelos de celulares han llevado a una acumulación alarmante de dispositivos en desuso. En Ecuador se genera 87,575 toneladas de residuos electrónicos o 5,1 kilos por habitante, pero solo recopila para su gestión ambiental un 4%, según los datos del informe Monitor Mundial de Residuos Electrónicos de Naciones Unidas, publicado en el 2022 [15].

En 2023 se impulsó la iniciativa “Ecuador libre de E-waste”, con el propósito de que empresas y los ciudadanos se informen y participen en el reciclaje de equipos electrónicos. Esta campaña inicio en las Galápagos, en el cual se firmó un convenio con la empresa Vermonde y el GAD Municipal de San Cristóbal para la gestión de residuos electrónicos con ayuda del sector privado. Parte de esta tarea estaba hecha, pues el Municipio

tenía recolectada y separados cerca de 5 toneladas de desechos electrónicos, lo más complicado del proyecto fue movilizar los residuos a Quito para el proceso de gestión ambiental adecuado con Vermonde, pero la aerolínea Latam junto con Grupo Entrega facilitando este proceso [15].



Figura 5. Trabajador de Vermonde recuperando piezas de celulares [15]

Entre el 29 de enero de 2013 y el 31 de agosto de 2022, se implementó el Acuerdo Ministerial 191, el cual regulaba la “Aplicación del principio de responsabilidad extendida” dentro del reglamento para prevenir y controlar la contaminación causada por sustancias químicas peligrosas y desechos especiales, con énfasis en celulares en desuso. Durante este período, se lograron recolectar 1.049.285 dispositivos móviles fuera de uso [10].

Tabla 2.

Equipos celulares obsoletos 2013 – 2020. Fuente: Ministro de Ambiente, Agua y Transición.

Año	Equipos celulares obsoletos (unidades)
2013	308.280
2014	279.452
2015	226.252
2016	41.356
2017	49.649
2018	36.167
2019	39.253
2020	15.369
2021	25.943
2022	27.564
Total Recuperado	1.049.285

Este análisis revela que, en sus primeros años, el Acuerdo permitió una recolección efectiva, con un total de 308.280 unidades recuperadas. No obstante, desde 2015, esta eficacia se redujo tras la eliminación de la limitación de cupos para importar equipos celulares. Esto sugiere que las estrategias basadas en el principio de responsabilidad en la gestión de residuos deben estar apoyadas por controles aduaneros sólidos y un aumento en los niveles de recuperación.



Figura 6. Unidades de equipos celulares obsoletos recuperados 2013-2022 [10]

Por parte de las empresas privadas del Ecuador, han trabajado en el reciclaje de equipos que ya se encuentran desactualizados, Netlife amplió su proyecto a sus clientes con puntos de recolección en sus centros de atención, solo se encuentra desarrollando en las ciudades de Guayaquil, Riobamba, Cuenca y Quito. Su objetivo es llegar a los 45 kilos de capacidad en este año. Una vez que ellos recolectan los equipos los traslada a la empresa Vertmonde para el proceso de gestión ambiental, entre 2022 y 2023 se recolectó más de 51,830 kilos de residuos electrónicos, entre colaboradores y clientes [15].

En 2020, se registraron 29 productores regulados, pero para 2022, solo 8 productores presentaron reportes. La mayoría de estos productores se encuentran localizados en las provincias de Pichincha y Guayas.

Durante el período de 2020 a 2022, se importaron 2.585.750 dispositivos móviles, de los cuales se recuperaron alrededor de 68.876 unidades de residuos, lo que equivale al 3% del total importado. Estos dispositivos fueron

procesados para su desensamble y desmontaje [10].

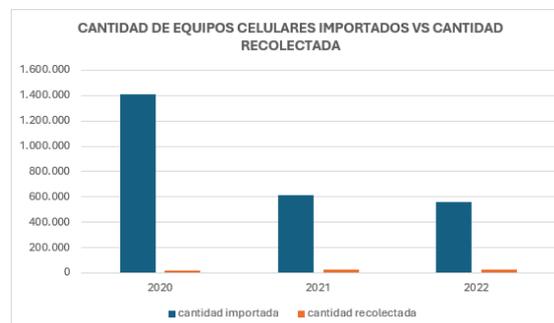


Figura 7. Cantidad de equipos celulares importados vs cantidad recolectada en 2020–2022 [10]

En 2022, el Acuerdo Ministerial Nro. 191 fue reemplazado por el Acuerdo Ministerial Nro. MAATE-2022-067, en cumplimiento con las normativas del Código Orgánico del Ambiente y su reglamento. Este nuevo acuerdo, denominado "Instructivo para la aplicación de la responsabilidad extendida en la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) de origen doméstico", busca recuperar anualmente alrededor de 700 toneladas de RAEE. Además, tiene como objetivo regular a unos 603 productores que introducen al mercado cada año cantidades de AEE que igualan o superan las 10.000 unidades o 10 toneladas [10].

Empresas como Repsol utilizan la logística inversa la cual realiza una gestión eficiente de los recursos para fortalecer su cadena de valor, en la que priorizan la satisfacción de sus clientes y empleados y el impacto positivo hacia la sociedad y el medioambiente.

Por consiguiente, se han implementado medidas como un sistema de logística inversa para maximizar la vida útil de los envases utilizados en la comercialización de productos. Además, se apoya el desarrollo de tecnologías limpias empleando aceites no etiquetables. También se colabora con proveedores comprometidos con prácticas sostenibles y se adquieren pallets provenientes de bosques

gestionados responsablemente, fomentando un enfoque ambientalmente consciente [16].

A nivel nacional, se estima que la generación per cápita de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) alcanza aproximadamente 101.634 toneladas, con solo un 3% de recolección formal. Este cálculo se basa en los datos del Censo 2022, que reportó una población en Ecuador de 17,905,446 habitantes, y la generación promedio de residuos electrónicos por persona, fijada en 6 kg según The Global E-Waste Statistics Partnership, 2022. (ver figura 6).

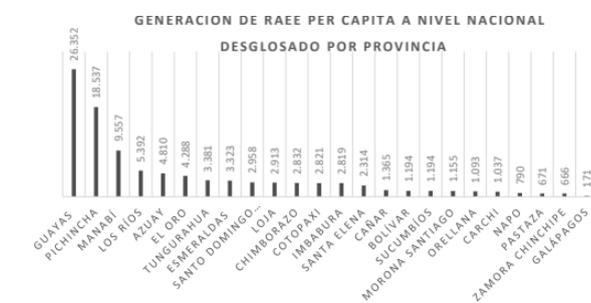


Figura 7. Generación de RAEE per cápita a nivel nacional en toneladas desglosado por provincia - año 2022 [10]

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Impulso Industrial en el reciclaje de equipos celulares obsoletos: Una solución estratégica para reducir la huella de carbono.

El impacto ambiental de los desechos electrónicos, especialmente de los equipos celulares, es un desafío que requiere como prioridad soluciones locales. Una estrategia integral puede contribuir significativamente a mitigar este problema, reduciendo la huella de carbono y fomentando una economía más sostenible.

La reutilización y reciclaje de componentes electrónicos, lo cual no solo beneficia al ambiente, sino que optimiza la gestión de residuos desde su generación hasta su entrega a

una Empresa Operadora de Residuos Sólidos [17]. La incorporación de prácticas de reciclaje a escala industrial puede maximizar el impacto positivo y generar nuevos modelos de negocio enfocados en la sostenibilidad.

1) Automatización y eficiencia en procesos industriales

La implementación de maquinaria avanzada para desensamblar y clasificar dispositivos de forma automatizada puede reducir costos operativos y aumentar la eficiencia. Además, tecnologías basadas en inteligencia artificial y sensores ópticos pueden optimizar la identificación y recuperación de materiales reciclables.

2) Incentivos económicos

La motivación financiera puede ser clave. Programas como descuentos en la compra de nuevos dispositivos o recompensas por entregar celulares antiguos pueden incrementar la participación de la comunidad en los esfuerzos de reciclaje.

3) Producción local y economía circular

La integración del reciclaje electrónico en la economía local puede generar beneficios económicos y medioambientales. Las empresas pueden desarrollar productos secundarios utilizando los materiales reciclados, como baterías reacondicionadas o carcasas hechas con plástico reciclado, promoviendo así un modelo de economía circular.

4) Regulaciones y normativas

Gobiernos locales pueden establecer regulaciones que obliguen a las empresas tecnológicas a implementar programas de reciclaje, así como penalizaciones para quienes desechen dispositivos de manera inapropiada. Estas normativas podrían ser complementadas por políticas que incentiven la innovación en tecnologías verdes.

5) Regulación y normalización en los procesos industriales

Establecer estándares y normativas para el reciclaje de celulares garantizaría que todas las plantas industriales sigan buenas prácticas en la gestión de residuos. Estas medidas también podrían asegurar la seguridad de los trabajadores y la sostenibilidad del proceso a largo plazo.

Al integrar a la industria como eje principal del reciclaje de celulares, surge la posibilidad de establecer un sistema capaz de disminuir la huella de carbono y, al mismo tiempo, fomentar el crecimiento de un sector económico en desarrollo. Este enfoque industrial podría convertirse en un modelo ejemplar para otras iniciativas de economía circular, demostrando que la sostenibilidad es tanto rentable como factible a gran escala.

B. Estrategia industrial para la gestión y reciclaje de celulares obsoletos en Guayaquil

El uso masivo de dispositivos móviles en Guayaquil ha generado un importante volumen de residuos electrónicos, con los celulares obsoletos entre los más representativos. Adoptar un enfoque industrial para gestionar estos residuos no solo contribuiría a reducir el impacto ambiental, sino que también impulsaría el desarrollo de un sector económico centrado en la sostenibilidad y la economía circular. A continuación, se propone una estrategia ajustada al contexto industrial de la ciudad.

C. Diseño de una planta de reciclaje de RAEE

Una planta de reciclaje industrial enfocada en la recuperación de materiales valiosos provenientes de celulares obsoletos podría convertirse en el núcleo del sistema de gestión de residuos electrónicos.

1) Procesos industriales especializados:

- Desensamblaje automatizado: Uso de tecnología robótica o semiautomática para desmontar celulares y separar componentes, como baterías, placas de circuito, pantallas y carcasas.

- Recuperación de materiales: Aplicación de procesos físico-químicos como pirometalurgia o hidrometalurgia para extraer materiales clave, incluidos cobre, oro, litio y plásticos reciclables.

Si bien se han establecido normativas y regulaciones para regular la gestión de estos desechos, aún persisten falencias en términos de aplicación y cumplimiento [18].

- Reacondicionamiento de piezas útiles: Creación de una línea para reacondicionar componentes viables como baterías y pantallas.

2) Infraestructura escalable y sostenible:

El diseño de la planta debe considerar un modelo modular que permita ampliar su capacidad en función del aumento de residuos electrónicos, con un fuerte enfoque en el uso de energía renovable y procesos de bajo impacto ambiental.

D. Gestión logística eficiente para la recolección

La logística es un elemento crucial para garantizar el flujo continuo de materiales hacia la planta, permitiendo una operación sostenible y rentable. El objetivo es optimizar este flujo para minimizar tiempos y costos, y maximizar la eficiencia [19].

1) Optimización del transporte

- Uso de herramientas de planificación logística para diseñar rutas óptimas que reduzcan costos y minimicen las emisiones asociadas al transporte de residuos.
- Integración de vehículos eléctricos o con tecnologías de bajo impacto ambiental en la flota de recolección.

2) Creación de nodos de recolección

- Instalación de puntos de recolección estratégicos en zonas de alto tráfico como

centros comerciales, instituciones educativas y áreas residenciales.

- Alianzas con cadenas de distribución de productos electrónicos y operadores móviles para implementar estaciones de recepción en sus puntos de venta.

E. Gestión y control industrial avanzado

Desde la perspectiva de la ingeniería industrial, es esencial integrar sistemas que maximicen la eficiencia operativa, controlen la calidad y promuevan la sostenibilidad en cada etapa del proceso.

1) Sistemas inteligentes

- Utilización de dispositivos para realizar un monitoreo en tiempo real de los puntos de recolección, el estado de los inventarios y la capacidad de procesamiento de la planta.
- Implementación de software ERP (Enterprise Resource Planning) para gestionar de manera eficiente las operaciones y optimizar la asignación de recursos.

2) Certificaciones y estándares de calidad

- Certificación ISO 45001 es una herramienta que ayuda a mejorar la seguridad y salud en el trabajo, promoviendo un ambiente laboral más seguro, productivo y ético [20].
- Aplicación de normativas internacionales, como la certificación ISO 14001, optimizará la gestión de recursos y residuos, reducirá los impactos ambientales negativos derivados de su actividad o aquellos riesgos asociados a situaciones accidentales [21].

F. Fomento de alianzas estratégicas y economía circular

La colaboración entre sectores público y privado permitirá estructurar un sistema eficiente y sostenible de reciclaje que genere impacto económico y ambiental positivo.

La ministra de Producción, Sonsoles García, destacó que la economía circular es clave para consolidar la competitividad del país en un entorno global donde la sostenibilidad se convierte en un factor decisivo para acceder a nuevos mercados y cumplir con regulaciones internacionales [22].

1) Alianzas público-privadas

- Participación de fabricantes de celulares para cerrar el ciclo de vida de sus productos mediante sistemas de economía circular.
- Acuerdos con el Municipio de Guayaquil para establecer beneficios fiscales y subsidios a las empresas que inviertan en tecnologías de reciclaje.

2) Valorización de materiales reciclados

Los materiales recuperados pueden reintegrarse en el mercado local mediante su transformación en insumos para nuevas aplicaciones industriales, como piezas plásticas o baterías regeneradas, lo que fomenta un modelo autosostenible.

G. Evaluación y proyección a futuro

El diseño y ejecución de una estrategia industrial de reciclaje de celulares en Guayaquil no solo aportará a la mitigación de impactos ambientales, sino que también creará oportunidades para el desarrollo tecnológico y la generación de empleo en la ciudad. Al enfocarse en un modelo que combine innovación, sostenibilidad y eficiencia, Guayaquil podrá posicionarse como un líder regional en la gestión de residuos electrónicos dentro de una economía más verde.

VI. CONCLUSIÓN

La logística inversa es una herramienta clave para ayudar a mitigar el impacto en el medio ambiente de los residuos electrónicos. Este enfoque no solo promueve el reciclaje y la reutilización de materiales valiosos y componentes electrónicos, sino que también fomenta una economía circular lo que reduce la

dependencia de materia prima nueva y minimiza la cantidad de los residuos que son enviados a los vertederos.

Sin embargo, la implementación de este sistema enfrenta desafíos significativos, como la falta de infraestructura adecuada, la necesidad de colaboración de los sectores públicos como privado y la resistencia de algunos actores.

Este estudio subraya que la logística inversa no solo es una solución ambientalmente responsable, sino también una oportunidad para que Guayaquil sea líder en la iniciativa de sostenibilidad en la región, promoviendo un modelo replicable que combina la innovación, sostenibilidad, y la eficiencia. Este enfoque puede posicionar a la ciudad como un referente en la gestión de residuos electrónicos, contribuyendo significativamente a la lucha del cambio climático y la protección de nuestro medio ambiente.

VII. REFERENCIAS

- [1] Hurtado García, K. D. R. (2020). Sistemas de costo, logística inversa y gestión sostenible en empresas industriales. *Cooperativismo y Desarrollo*, 8(3), 526-537. Obtenido de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2310-340X2020000300526&script=sci_arttext
- [2] Zambrano Yépez, C. A., Macías Rueda, J. C., & Medina Sánchez, N. D. (2022). Buenas prácticas en el manejo de residuos electrónicos en América Latina. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 10(1). Obtenido de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2308-01322022000100005&script=sci_arttext
- [3] López, A. I. (2018). Manual de logística inversa. ESIC Editorial. Obtenido de: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=4PBJDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA9&dq=un+sistema+de+log%C3%ADstica+inversa+puede+enfrentar+resistencia+interna+y+externa&ots=G7G0S3DN2v&sig=1ay84RBrSQg2_HXIwcNIFvp-5hQ#v=onepage&q&f=false
- [4] Almeida-Guzmán, M., & Díaz-Guevara, C. (2020). Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible. *Avances en Ecuador. Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*, (8), 34-56. Obtenido de: <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/2407/2199>
- [5] Allaica, J. C. M., Ramos, I. D. R. B., Cortez, I. E. R., & Flores, F. X. A. (2024). Impacto de la Logística Inversa en la Sostenibilidad Ambiental: Una Propuesta de Marco sobre la Gestión de Residuos de Aparatos Electrónicos y Eléctricos. *Arandu UTIC*, 11(2), 2742-2767.
- [6] Ramírez-Barrios, C. S., & González-Martínez, J. A. (2021). Actualización del estado del arte de la logística inversa y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Obtenido de: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/af7c0509-8eb0-4308-9de5-8658b6c0e832/content>
- [7] Plata de Plata, D. I., & Reyes, L. M. Sostenibilidad y logística inversa: visión futurista del tejido empresarial. Obtenido de: <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/22342/1/Ponencia%20Dalia%20Plata%20%2c%20Luz%20Maritza%20Reyes%2c%20Alberto%20Alario.%20Sostenibilidad%20y%20Logistica...%20Avegid%20%202023%20Correcciones%282%29.pdf>
- [8] Fulfillment Hub USA. (2023). Beneficios económicos y medioambientales de la logística inversa. Obtenido de <https://fulfillmenthubusa.com/beneficios-economicos-y-medioambientales-de-la-logistica-inversa/>
- [9] Mauricio Barrera, M. A. (2023). Diseño de investigación de una propuesta de logística inversa, para el abastecimiento de producto prefabricado, a clientes del sector de Villa Nueva, por medio de transporte tercerizado (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- [10] Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2024). Política Nacional de la Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) y Plan de Acción.
- [11] Ott D., Hernandez C., Lora Reyes N. (2022) Movimiento Transfronterizos de RAEE en America Latina. STEP
- [12] ACE Project. (2020). Elecciones y tecnologías. Obtenidos de: <https://aceproject.org/main/espanol/et/etc06.htm>
- [13] Forti V., Baldé C., Kuehr R., Bel G, (2020). The Global E-waste Monitor 2020 Quantities, flows, and the circular economy potencial. Obtenido de: <https://aceproject.org/main/espanol/et/etc06.htm>
- [14] Municipio de Guayaquil. (2024) Campaña de reciclaje de desechos electrónicos habilita 7 puntos en la ciudad. Obtenido de: <https://guayaquil.gob.ec/campana-reciclaje-desechos-electronicos-habilita-puntos-ciudad/>
- [15] González, P. (2023). El 96% de los residuos electrónicos se desecha en Ecuador, ¿cómo reciclarlos? Retrieved from <https://www.primicias.ec/noticias/economia/basura-reciclaje-celulares-baterias-cables/>

- [16] Repsol, (2023) Una pieza clave en la economía circular. Obtenido de: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/logistica-inversa/index.cshtml>
- [17] O'Higgins Bedoya, S. R. (2024). Plan de minimización y manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos para la empresa Estación de Energías El Centenario S.A.C, 2024. Obtenido de: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3730>
- [18] Chango Caluña, N. S. (2025). Plan de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos para el sector urbano de la ciudad de Ambato. Obtenido de: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/7befdc71-954f-4b7d-86cd-5eb6de213761>
- [19] Directia Soluciones Logísticas. (2024). Conceptos básicos de logística. Retrieved from <https://www.directialogistica.es/logistica-comercial/conceptos-basicos-de-logistica/>
- [20] Unir. (2023). ¿Qué es la ISO 45001 y para qué sirve? Claves e importancia. Obtenido de: <https://ecuador.unir.net/actualidad-unir/iso-45001/#:~:text=La%20norma%20ISO%2045001%20es,m%C3%A1s%20seguro%20C%20productivo%20y%20C3%A9tico.&text=La%20norma%20ISO%2045001%20es%20un%20est%C3%A1ndar%20internacional%20que%20se,salud%20ocupacional%20en%20las%20organizaciones.>
- [21] AEDOR. (s.f.). Certificación ISO 14001 sistemas de gestión ambiental. Obtenido de: <https://www.aenor.com/certificacion/medio-ambiente/gestion-ambiental>
- [22] Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca. (s.f.) Ecuador lanza la Estrategia Nacional de Economía Circular para impulsar un desarrollo sostenible e inclusive. Obtenido de: <https://www.produccion.gob.ec/ecuador-lanza-la-estrategia-nacional-de-economia-circular-para-impulsar-un-desarrollo-sostenible-e-inclusivo/>