



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

IMPACTO DEL E-WASTE EN EL CONTEXTO ECUATORIANO

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

AUTOR: JOAN AIMAR FERNANDEZ CRUZ

TUTOR: JOE FRAND LLERENA IZQUIERDO

Guayaquil – Ecuador

2022

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

Yo, Joan Aimar Fernandez Cruz con documento de identificación N° 0958707432 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo 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, 29 de enero del año 2022

Atentamente,

Joan Fernandez C

Joan Aimar Fernandez Cruz

0958707432

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

Yo, Joan Aimar Fernandez Cruz con documento de identificación No. 0958707432, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor(a) del Artículo Académico: “Impacto del E-waste en el contexto ecuatoriano”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero de Sistemas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 29 de enero del año 2022

Atentamente,

Joan Fernandez C

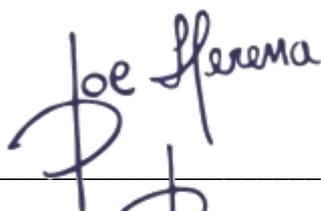
Joan Aimar Fernandez Cruz
0958707432

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joe Frand Llerena Izquierdo con documento de identificación N° 0914884879, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPACTO DEL E-WASTE EN EL CONTEXTO ECUATORIANO, realizado por Joan Aimar Fernandez Cruz con documento de identificación N° 0958707432, 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, 29 de enero del año 2022

Atentamente,



Joe Frand Llerena Izquierdo, MSc.

0914884879

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a...

A mis padres Jorge y Rubi quienes con su apoyo me han permitido cumplir una meta más trazada en mi vida. Agradeciendo los valores y el esfuerzo, así como a no rendirme ante las adversidades y los obstáculos que se puedan presentar.

También agradecer a mis hermanos Johan y Gilmar que gracias a su apoyo he podido llegar hasta este punto de mi vida. Asimismo a mi hermano Jairo y demás familiares que ya no me acompañan y que fueron un gran pilar emocional en mi vida.

A toda mi familia, que gracias a sus consejos, palabras alentadoras y sus oraciones que ayudaron a sobrellevar momentos complicados y a ser de mí una mejor persona.

Finalmente, agradecer a mis amistades, por su ayuda en las situaciones donde más los he necesita, y han estado ahí para brindarme su apoyo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a...

Mis agradecimientos a las autoridades que conforman la Universidad Politécnica Salesiana, por confiar en mis habilidades y permitirme realizar este trabajo.

También, a los profesores de Ingeniería de Sistemas que han formado parte de este proceso de aprendizaje, gracias por sus enseñanzas, su paciencia y dedicación en el aula de clases las cuales hicieron posible mi crecimiento como profesional.

Finalmente, mi más sincero agradecimiento al Ing. Joe Llerena Izquierdo quien fue el principal coparticipe durante todo este proceso, brindándome su guía, conocimiento y colaboración que permitió el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

Este documento presenta un estudio sobre la repercusión que han tenido los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en las diferentes áreas de interés para el desarrollo sustentable en el Ecuador, además del análisis de aquellos factores que influyen su crecimiento. El aumento considerable de residuos electrónicos durante la última década ha generado una de las preocupaciones medioambientales más grandes y difíciles de controlar. La cultura de reciclaje en países en desarrollo es muy escasa, llevando consigo consecuencias ambientales y de salud. A pesar de haber empresas en el medio que realicen trabajos de recolección, la falta de información hace que exista desconocimiento por parte de la comunidad ecuatoriana. En vista de una escasa gestión de reciclado y la indisponibilidad de capacitación de la ciudadanía por parte de las autoridades esto ha influido en la realización de planes para gestionar de manera eficiente los desechos electrónicos. La no utilización de técnicas de reciclaje ha derivado en una gestión no adecuada de los desechos electrónicos, haciendo que el tratamiento de la chatarra electrónica sea igual que la basura común y corriente. Este trabajo también evidencia, el nivel de conocimiento y de conciencia que poseen las personas, así como el compromiso que se tiene con el medio ambiente. Se concluye que la población en su mayoría no cuenta con asesoría sobre cómo gestionar los dispositivos digitales desechados o dónde llevarlos después de culminar su tiempo de vida útil.

Palabras claves: aparatos eléctricos y electrónicos, residuos electrónicos, reciclaje, RAEE, e-waste

ABSTRACT

This document presents a study on the impact of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in different areas of interest for sustainable development in Ecuador, in addition to the analysis of those factors that influence its growth. The considerable increase in electronic waste during the last decade has generated one of the greatest and most difficult to control environmental concerns. The recycling culture in developing countries is very scarce, leading to environmental and health consequences. Despite the fact that there are companies in the area that carry out collection activities, the lack of information means that the Ecuadorian community is unaware of the problem. In view of the scarce recycling management and the unavailability of citizen training by the authorities, this has influenced the implementation of plans to efficiently manage electronic waste. The non-use of recycling techniques has led to inadequate management of e-waste, making the treatment of electronic scrap the same as ordinary garbage. This work also shows the level of knowledge and awareness that people have, as well as their commitment to the environment. It is concluded that most of the population does not have advice on how to manage discarded digital devices or where to take them after the end of their useful life.

Key words: electrical and electronic equipment, electronic waste, recycling, WEEE, e-waste

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1. La gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	12
2.2. Metodologías de tratamiento de los RAEE y consecuencias ecológicas	12
2.3. Factores del reciclaje informal su repercusión en la sociedad	13
3. METODOLOGÍA	14
3.1. Métodos y técnicas de Recopilación de datos empleadas	14
3.2. Métodos y técnicas de Análisis de datos	14
4. RESULTADOS.....	15
4.1. Identificar la situación del efecto que produce el E-waste en el contexto ecuatoriano.	15
4.2. Determinar la gestión realizada por las organizaciones locales	18
4.3. Contrastar los resultados obtenidos para establecer un conjunto de recomendaciones factibles	19
5. DISCUSIÓN	25
6. CONCLUSIÓN.....	26
REFERENCIAS	27

1. INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico durante los últimos años ha permitido la generación de desechos electrónicos con magnitudes de impacto (Dhir et al., 2021)(Hassan & Saleh, 2022), abriendo inquietudes y preocupación en investigadores, académicos y expertos en el tema, a todo nivel, y que seguirá en aumento en los siguientes años (Khatun & Dhara, 2022)(Dias et al., 2022). Entre los desafíos a los que la humanidad le hace frente hoy en día se encuentra el tratamiento de la basura electrónica (Shoma Nalwamba, 2022)(Badola & Chauhan, 2022)(Francis Ogoro GETONTO et al., 2021). Los dispositivos móviles descontinuados especialmente, son un tipo de desecho que puede proveer de materiales preciosos pero a la vez, puede convertirse en una fuente de problemas ecológicos para comunidades de escasos recursos económicos (Dias et al., 2019)(Kapoor et al., 2021).

Los desechos electrónicos con una gestión adecuada, permite un nuevo desarrollo social en algunas naciones del planeta (Yadav, 2021)(Wibowo et al., 2021). Pero esto no sucede en los países donde se derivan millones de toneladas de desechos electrónicos (Dhir et al., 2021)(Dias et al., 2019) para su tratamiento.

Si bien es cierto, el destino de los residuos electrónicos ha causado un gran dilema ambiental, debido al creciente manejo ineficiente o sus faltas de técnicas cuando se trata de reciclar, utilizando componentes químicos que afectan a la salud y a las zonas donde realizan el tratamiento con dichos componentes (Asante et al., 2019). Teniendo como consecuencia que los habitantes de sectores aledaños se vean afectados con estas sustancias (Han et al., 2019) expuestas en el ambiente. Así el reciclaje informal, se convierte en una actividad popular en sectores de extrema pobreza donde las personas, que realizan esta labor, mantienen sus espacios contaminados de químicos con elementos vitales y esenciales como el agua y los alimentos (Ngo, Watchalayann, et al., 2021). A pesar de las regulaciones que puedan existir, los países en desarrollo son los que más practican el reciclaje informal, la razón es el ingreso económico que les genera las familias más pobres.

Los desechos electrónicos en la mayoría de los países son tirados en vertederos, para posteriormente repartirlos en diferentes puntos de procesamiento del país. De igual forma, dichos residuos suelen ser enviados a naciones en desarrollo, pero en zonas de pobreza, y que los mismos sean procesados en estos lugares. Este acto se realiza debido a que la mano de obra en aquellos países suelen ser más baratas (Dias et al., 2019). De igual forma, el abordaje

económico en el ámbito del reciclaje electrónico es muy relevante en este tema, tomando en cuenta los componentes por los cuales suelen estar conformados los dispositivos (Boubellouta & Kusch-Brandt, 2021).

La reutilización de los materiales crea un impacto positivo en la gestión de los artefactos impulsando la economía. En efecto, el procesamiento de los dispositivos permite la extracción y clasificación (Xavier et al., 2019) de metales como oro, plata, cobre, entre otros (Boubellouta & Kusch-Brandt, 2021). Los cuales se pueden recuperar y reutilizar en nuevos dispositivos y reintegrarse al mercado. La minería urbana es una de las soluciones más atractivas de las cuales se genera, a partir de la recolección de estos aparatos (Xavier et al., 2019)(Llerena, n.d.). Además, de contar con un beneficio económico, esta función trae consigo un gran beneficio ecológico, disminuyendo los niveles de contaminación (Yang et al., 2020) si se los trata debidamente.

En el Ecuador se presentan diferentes tipos de problemáticas respecto al manejo de estos materiales como son, la captación ineficaz de equipos, el uso de técnicas apropiadas de reciclaje electrónico, campañas de motivación para reciclar por parte de la empresa pública o privada, así como la conciencia ecológica de la ciudadanía. A pesar de que se cuenta con políticas ambientales, la falta de recursos económicos para su ejecución sigue siendo el mayor obstáculo percibido (Vanegas et al., 2020)(Campuzano & Crisanto, 2020). El objetivo principal de este trabajo es determinar la situación del estado del E-waste para determinar el impacto y sus debidas recomendaciones en el contexto ecuatoriano.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

Países como Canadá y Brasil tienen organismos que brindan apoyo tanto a productores y recicladores de residuos electrónicos (Xavier et al., 2021). Asimismo, esto representa un avance sustancial en materia de leyes y regulaciones con respecto a una avanzada gestión de los residuos. A diferencia de países como Paraguay, Colombia, Bolivia y Ecuador que cuentan con escasas normativas para el manejo de los RAEE (J. F. Llerena Izquierdo, 2019).

El Ecuador considera que la naturaleza también está sujeta a derechos. Es por eso por lo que la constitución aprobó el acuerdo ministerial 191 para el reciclaje de aparatos electrónicos (Vanegas et al., 2020). La misma que hace referencia a que las empresas que distribuyen y comercializan artefactos electrónicos tiene la responsabilidad para que opten por metodologías de recolección permitiendo la creación de puntos de acopio en diferentes lugares estratégicos (Campuzano & Crisanto, 2020)(J. F. Llerena Izquierdo, 2019).

2.2. Metodologías de tratamiento de los RAEE y consecuencias ecológicas

Cada nuevo párrafo tiene espaciado de 1.5 como en este ejemplo. En esta sección se establecen los métodos y técnicas de recolección de datos empleados, así como sus instrumentos.

Una de las prácticas más comunes que se realizan para el tratamiento de estos materiales son las de quemarlos al aire libre, utilizando soluciones químicas ácidas para la disolución de la chatarra (Vaccari et al., 2019)(Wu et al., 2019). Estas malas prácticas que se realizan frecuentemente dan como resultado que los contaminantes se esparcen sin control alguno (Yang et al., 2020)(dos Santos, 2020), por eso es requerido una evaluación de riesgos (Hameed et al., 2020) antes de realizar cualquier proceso de categorización.

Asimismo, existe una práctica llamada tratamiento mecánico, esta se basa en el desarmado y la clasificación de materiales, debido a que los componentes que forman parte de los RAEE no pueden ser procesados de la misma manera. Al hacer una práctica equivocada procesando materiales de la manera incorrecta a la que se requiere puede causar accidentes a las personas el cual está realizando el proceso de selección y clasificación (Vaccari et al., 2019)(Clinckspoor & Ferraro, 2020)(Ayala Carabajo & Llerena Izquierdo, 2017). Una técnica novel propone el uso de tecnologías con Blockchain para registrar el seguimiento seguro de todos los centros de tratamiento con comunicación 5G, para que las empresas públicas y privadas, en un futuro,

puedan beneficiarse de una adecuada gestión del reciclaje electrónico (Dua et al., 2020)(Farizi & Sari, 2021).

2.3. Factores del reciclaje informal su repercusión en la sociedad

El tratamiento de los residuos electrónicos puede influir en la economía de un país si estos están regulados a través de empresas que se dediquen a este ejercicio. El correcto procesamiento de los residuos electrónicos conlleva a que la mayoría de los materiales que los componen puedan ser reutilizables de una misma forma (Asante et al., 2019), hacer la recuperación de metales valiosos (Misra et al., 2021), permite obtener beneficios económicos (Boubellouta & Kusch-Brandt, 2021)(de la Nube Toral Sarmiento et al., 2018).

A la vez, la pobreza en sectores de un país es un factor por el cual se realiza el reciclaje informal. El reciclaje informal tiene aspectos negativos, se recolecta basura electrónica junto a basura común (por ejemplo, baterías, o materiales nocivos y contaminantes), los cuales las personas no diferencian de manera correcta (Ngo, Watchalayann, et al., 2021). Los materiales los mantienen a la exposición y en descomposición. Sin embargo, la mayoría de estos recicladores, que son personas que ejercen el reciclaje informal, no son regulados por ente alguno y procesan de manera incorrecta los componentes de los dispositivos electrónicos (Asibey et al., 2020)(Ayala Carabajo et al., 2016)(Ayala Carabajo & Llerena Izquierdo, 2014). Otro factor se asocia a los problemas del tipo de reciclaje, y este se da al manipular los materiales sin medidas de protección causando daño como la contaminación a la tierra, a ríos, o al mismo ser humano (a la sangre o vías respiratorias) (Ngo, Liang, et al., 2021).

3. METODOLOGÍA

Este trabajo utiliza una metodología empírico-analítica de corte cuasiexperimental con enfoque cuantitativo.

3.1. Métodos y técnicas de Recopilación de datos empleadas

Se utiliza la técnica de la encuesta en formato digital para conocer información sobre procesos utilizados para la mitigación de los desechos electrónicos a una población de 430 estudiantes universitarios en la ciudad de Guayaquil, Ecuador que complementa el estudio en general. Con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 4.6%.

3.2. Métodos y técnicas de Análisis de datos

Se siguen tres fases de estudio; la primera fase se orienta en identificar la situación del efecto que produce el E-waste en el contexto ecuatoriano actual para determinar los factores que inciden negativamente en sociedad mediante la localización de puntos de reciclaje en el país y el análisis de su misión y visión; la segunda fase se enfoca en determinar la gestión realizada por las organizaciones locales (públicas o privadas) para analizar la incidencia producida en la sociedad ecuatoriana mediante una revisión de los resultados como empresa obtenidos; y la tercera fase se encamina a contrastar los resultados obtenidos para establecer un conjunto de recomendaciones factibles que mejoren el impacto del E-waste y que inciden en el medio ambiente local.

4. RESULTADOS

Los resultados de este estudio se dividen en tres fases, la primera fase se realiza una identificación de la situación del efecto que produce el E-waste, y en especial, en el contexto ecuatoriano, la segunda fase se determina la gestión realizada por las organizaciones locales (públicas o privadas) para analizar la incidencia producida en la sociedad ecuatoriana de acuerdo con las propuestas de empresas locales y la tercera fase se contrasta los resultados obtenidos con una encuesta digital realizada a una población de estudiantes universitarios, para establecer un conjunto de recomendaciones factibles que mejoren el impacto del E-waste que inciden en el medio ambiente local (ver Fig. 1).

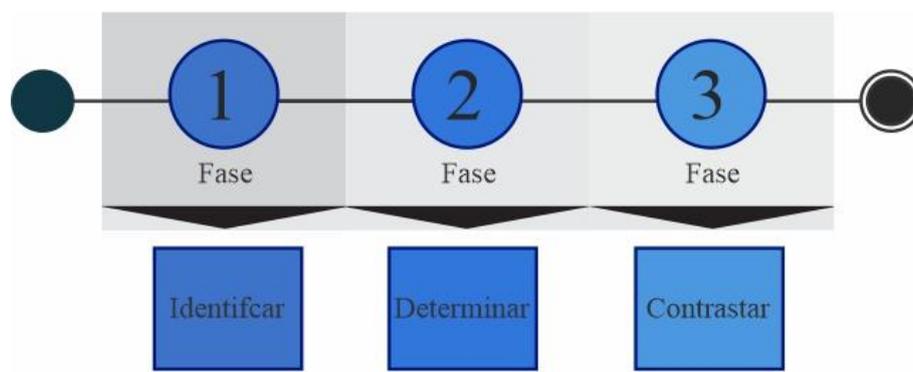


Figura 1. Fases de investigación para el estudio

4.1. Identificar la situación del efecto que produce el E-waste en el contexto ecuatoriano

A pesar de la existencia de empresas e instituciones gubernamentales que regulan los desechos, siguen existiendo acciones negativas al reciclaje de los residuos por parte de las personas (Izquierdo, 2019). Tomando en consideración la información de Global E-waste Monitor Statistics¹, en el Ecuador, en 2019 se generó 99 kilotonnes de basura electrónica (1 kilotón equivale a 1000 toneladas) (Méndez-Fajardo et al., 2020)(J. Llerena Izquierdo, 2014). Esto evidencia una escasa difusión sobre la correcta gestión de desechos electrónicos debido al desconocimiento de los puntos de recolección existentes (Vanegas et al., 2020). Se presenta la lista de algunas de las empresas privadas y organizaciones públicas que realizan la gestión de los residuos electrónicos, estas se encargan de reciclar de manera correcta dispositivos o basura electrónica (Bermeo-Paucar et al., 2018)(Negash et al., 2021). Las empresas públicas tienen en principio la generación de proyectos y regulaciones para la recolección adecuada de los

¹ Disponible en <https://ewastemonitor.info/gem-2020/>

desechos electrónicos (ver tabla 1). La misión de estas empresas se basa en proporcionar soluciones completas con respecto al manejo de los residuos y así fomentar el cuidado del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de todos (Mor et al., 2021). Del mismo modo, suministrar materias primas recolectadas de empresas locales como extranjeras (Campuzano & Crisanto, 2020)(Dalgo et al., 2015). Entre la visión de las empresas se puede destacar la iniciativa que tienen en ser las líderes en el reciclaje de los residuos electrónicos (Ahmad et al., 2022). Esto es un aporte social, ya que, proporcionando de materia prima a proveedores, ayuda a que los precios de los productos mejoren, promoviendo un sistema de economía circular que permita el desarrollo local integral (Alarcón et al., 2019).

Tabla 2. Empresas en el medio local

Empresa	Información
INTERCIA S.A.	Km 26 vía a Daule junto al Puente Lucia. PBX: 1800-RECICLA (732425) (04) 3712240 Fax. Ext 130 https://www.intercia.com/
RECYNTER S.A.	Guayaquil: vía Daule km 9,5 calle Laureles e Higuierillas. Teléfonos: (04) 2113645 / (04) 2113143 / (04) 3711700. Dpto. Compras: 0997135532 / 0991438017 / 0999582961 / 0997320144 / 0988725252 https://recynter.com.ec/
VERTMONDE	Troncal Sierra E35, km 4.8 (vía Pifo - Pintag), Parque Industrial Quito junto a No-vopan. Teléfono: (593) 22485421 / 098 071 6660 https://www.vertmonde.com/
GADERE S. A.	Cdla. Santa Leonor Mz. 5 Solar 17 Av. Benjamín Rosales, Guayaquil-Ecuador PBX: (593-4) 6050050 Teléfono: (593) 0999078258 / 0995307860. Email: servicios.gadere@veolia.com o http://www.gadere.com/
RECICLAMETAL	De Los Arupos Lote 47 y Primera Transversal, Panamericana norte Km.5 1/2, De Los Arupos N 67 -176, Quito 170144. Teléfono: (593) 099 755 0263 / (593)099-334-9861.Email: info@reciclametal.com o http://www.reciclametal.com/
MINTEL	Ministerio de Telecomunicaciones, Av. 6 de diciembre N25-75 y Av. Colón Código Postal: 170522 / Quito - Ecuador. Teléfono: (593) 2 220 0200
R.P.M S. A. WORLD AND RECYCLER	Pedro Moncayo 2230 e/ Capitán Nájera, y, Guayaquil 090101. Teléfono: 593 42 419946 / 0991931726. Email: info@chatarraelectronicaecuador.com o http://chatarraelectronicaecuador.com/

Las empresas y organizaciones privadas (como VERTMONDE, ver tabla 1), inciden en la sociedad por sus propuestas comunitarias de cuidado del ambiente por medio del reciclaje, muestran un impacto en la sociedad ya que transmiten campañas visuales sobre el uso de buenas prácticas para la gestión de los residuos eléctricos. Estas prácticas rigen sus resultados por medio de 4 indicadores, como son la salud humana, calidad de ecosistemas, agotamiento de recursos y las cantidades de Co2 evitados. Se puede observar (ver tabla 2) que la gestión realizada por esta empresa ha ocasionado un importante impacto positivo por la cantidad de residuos electrónicos reciclados.

Tabla 2. Estadísticas de indicadores ambientales

Indicadores	Cantidad (miles aproximados)
Salud humana	177.000
Calidad de Ecosistemas	27.000
Agotamiento de recursos	54.000
Co2 evitados	408.000

Fuente: <https://www.vertmonde.com/>, actualizado a enero 2022

Con respecto a recolección durante los últimos 5 años (ver tabla 3), se observa que cada año las cantidades recolectadas van en aumento. Dando como resultado un menor impacto de estos aparatos al medio ambiente y mayor conciencia con respecto al reciclaje. Solo en el 2021, hubo una disminución en la recolección de desechos electrónicos, y esto fue debido a la situación producida por la pandemia.

Tabla 1. Total de toneladas recicladas por la empresa VertMonde, Ecuador.

Año	Toneladas recicladas
2016	763 toneladas
2017	1101 toneladas
2018	1247 toneladas
2019	1385 toneladas
2020	1500 toneladas
2021	800 toneladas

Fuente: <https://www.vertmonde.com/>, actualizado a enero 2022

Por ejemplo, en el 2013, uno de los proyectos creados y en los que formó parte el ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información del Ecuador (MINTEL) en participación con telefónica (Movistar), fue el primer foro sobre temas de desechos electrónicos. En este se destacó la importancia del reciclaje de estos dispositivos después de su uso. Incluyendo un taller abierto al público en general, donde se estudió el valor de los estándares y políticas internacionales.

Otra de las iniciativas por parte de las empresas privadas, es que estas aceptan dispositivos rezagados en sus instalaciones para ser remanufacturado y ser entregado a escuelas de escasos recursos o comunidades que no tienen acceso a tecnologías.

De igual manera, otro método aplicado por las empresas privadas para incentivar a las personas a concientizar sobre el reciclaje es de incluir más puntos de acopio de residuos electrónicos en el país, por ejemplo, en servicios comerciales de abastecimiento de comida o de hidrocarburos.

4.2. Determinar la gestión realizada por las organizaciones locales

Se siguen tres fases de estudio; la primera fase se orienta en identificar la situación del efecto que produce el E-waste en el contexto ecuatoriano actual para determinar los factores que inciden negativamente en sociedad mediante

Los desechos generados en el continente americano han sido muy evidentes, teniendo en cuenta que este cuenta con la mayoría de los países en desarrollo, donde la cultura del reciclaje no es muy común y existe un gran desconocimiento sobre el tratamiento de estos materiales. Se muestran los porcentajes de generación de desechos electrónicos en los últimos 5 años (ver Fig. 2).

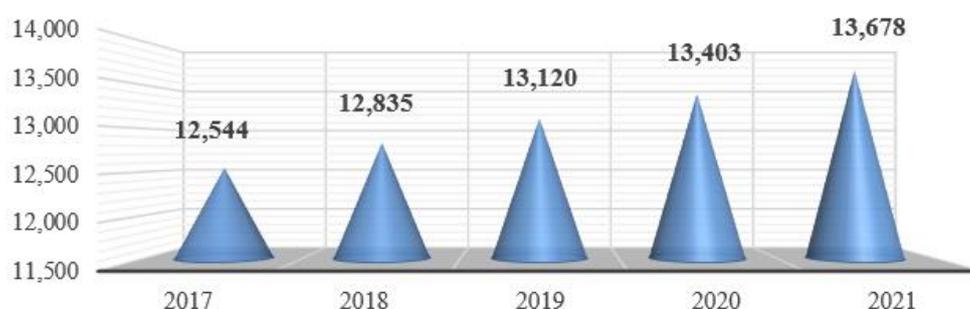


Figura 3. Generación de residuos en las Américas (miles de toneladas métricas)

En cambio, los desechos electrónicos generados por el Ecuador han ido en aumento, así lo demuestran los datos proporcionados por The Global E-waste monitor. En la figura 3 se observan los desechos generados los últimos 5 años.

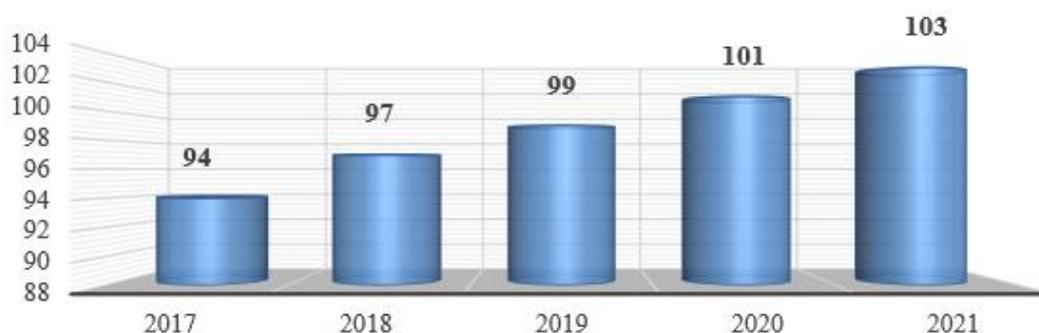


Figura 3. Generación de residuos en el Ecuador (miles de toneladas métricas)

4.3. Contrastar los resultados obtenidos para establecer un conjunto de recomendaciones factibles

En esta fase se plantea el uso de la técnica de la encuesta para recoger datos de una población de estudiantes universitarios en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, escogidos aleatoriamente. Se plantearon preguntas que permiten conocer y evidenciar la situación de los estudiantes frente al reciclaje de elementos electrónicos, esta información permite ampliar el conocimiento bajo el constructo de que son los estudiantes universitarios quienes emplean con mayor frecuencia dispositivos electrónicos y están en cercanía de ellos (Tabla 4).

Tabla 4. Preguntas elaboradas para la encuesta digital.

Pregunta	Información buscada
¿Usted cada cuánto tiempo cambia de dispositivos electrónicos (celular, computadora, impresora, etc.)?	Conocer el tiempo de vida de los dispositivos
En su contexto familiar, ¿puede indicar una cantidad aproximada de dispositivos electrónicos que tiene su familia para uso continuo?	Conocer la cantidad de dispositivos existentes por familia
Sólo en este tiempo de pandemia, marzo 2020 a octubre 2021, puede indicar, ¿Cuántos dispositivos electrónicos han sufrido desgaste en su entorno familiar?	Conocer el desgaste de los dispositivos
¿Qué destino usted da al dispositivo electrónico cuando decide cambiarlo?	Conocer el destino de los dispositivos desechados
¿Conoce usted algún punto de recolección para residuos electrónicos en su ciudad?	Conocer la existencia de puntos de recolección en el entorno
¿Cree usted que debe fortalecerse las iniciativas del gobierno nacional para la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) por parte de todas las instituciones privadas?	Contrastar los resultados de las iniciativas públicas
¿Qué importante es el tema del tratamiento de los desechos electrónicos para su sector, barrio o ciudad, de forma que le motiven a colaborar/participar?	Contrastar la incidencia de los proyectos de recolección en el contorno social
¿Se siente satisfecho por las acciones que las autoridades o directivos de empresas o instituciones en su medio brindan a los factores negativos asociados al desperdicio electrónico?	Conocer el nivel de satisfacción ante las iniciativas brindadas en el contorno social
¿Con qué frecuencia usted recicla los dispositivos electrónicos dañados o desgastados?	Evidenciar la responsabilidad de las personas ante el desecho de los dispositivos
¿Usted estaría de acuerdo en empezar a tomar conciencia de las consecuencias ecológicas que un futuro producirá visiblemente los desechos electrónicos?	Evidenciar el nivel de conciencia sobre las personas
¿Conoce usted las consecuencias a la salud y el ecosistema debido a una mala gestión de los dispositivos electrónicos?	Evidencia el sentido de cuidado a la salud y al ecosistema

Para conocer diferentes puntos de vista establecidos, se elabora una encuesta digital con Google Forms. Los resultados obtenidos para la pregunta 1, ¿Usted cada cuánto tiempo cambia de dispositivos electrónicos (celular, computadora, impresora, etc.)? Se muestran en la figura 4

que un 39% de las personas mantienen sus dispositivos por un periodo mayor a 5 años, un 31% lo mantiene en un periodo de 3 hasta 5 años dando como resultado un porcentaje intermedio, y un 30% se encuentran las personas que cambian sus dispositivos en un plazo corto de tiempo.

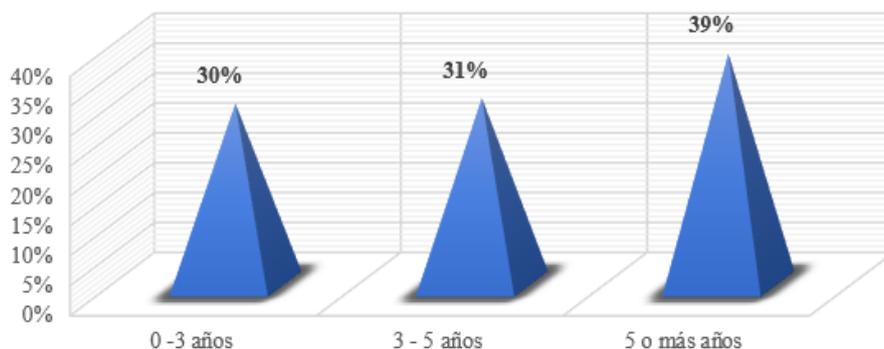


Figura 4. Porcentaje de tiempo de uso de dispositivos que tienen los encuestados

Para la pregunta 2, que indica, en su contexto familiar, ¿Puede indicar una cantidad aproximada de dispositivos electrónicos que tiene su familia para uso continuo? Se muestran en la figura 5 que el 65% de los hogares de los estudiantes encuestados cuentan con al menos 10 dispositivos, como teléfonos inteligentes, tabletas, computadores, audífonos, etc., el 28% corresponde a quienes poseen un máximo de 20 dispositivos, un 6% entre 21 a 30 y tan solo el 1% de las personas cuentan con una cantidad mayor a 30 dispositivos.

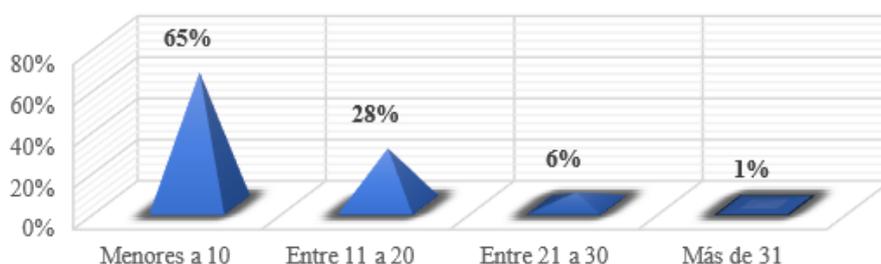


Figura 5. Porcentaje de la cantidad de dispositivos por hogar de los encuestados

Para la pregunta 3, se les consultó, sólo en este tiempo de pandemia, marzo 2020 a octubre 2021, puede indicar, ¿Cuántos dispositivos electrónicos han sufrido desgaste en su entorno familiar? Se muestran en la figura 6 que el desgaste que han presentado los dispositivos en el lapso de la pandemia fue del 80% para un número menor a 5 dispositivos, el 14% se encuentra entre 6 a 10 aparatos electrónicos desgastados, y un 5% el desgaste fue mayor a 10 dispositivos.

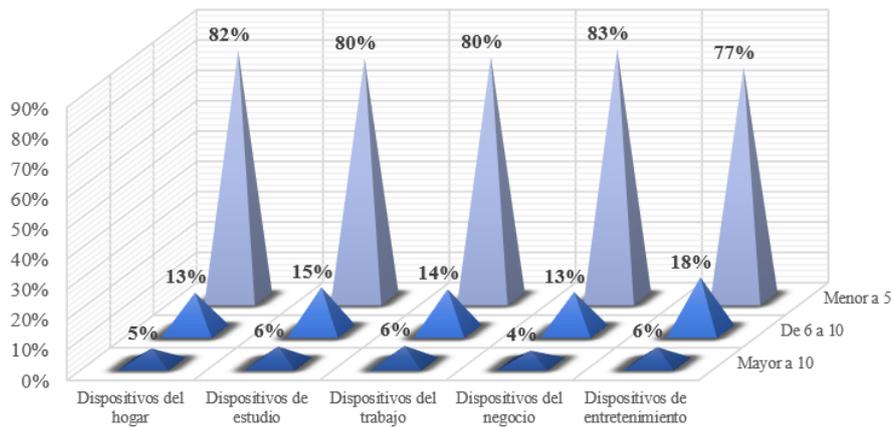


Figura 6. Porcentaje de dispositivos desgastados

Para la pregunta 4, ¿Qué destino usted da al dispositivo electrónico cuando decide cambiarlo? En la figura 7 se muestra el destino final que se les da a los dispositivos después de culminada su utilidad. Los resultados señalan que el 63% de las personas los prefiere guardar, el 14% opta por desecharlo a la basura ordinaria, el 11% lo entrega a recicladores informales, el 7% hace uso de centros de acopio autorizados, mientras que el 4% usa otros métodos como venderlos o donarlos.

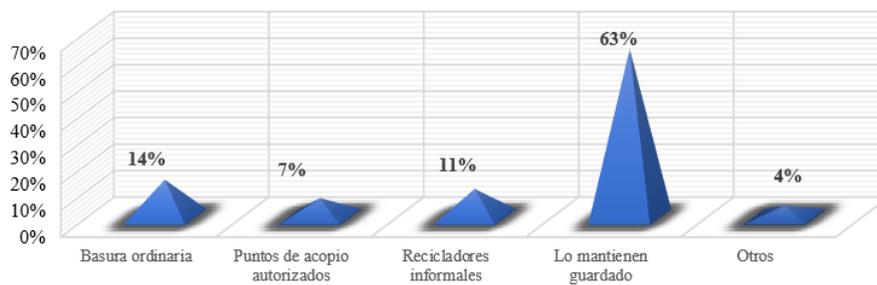


Figura 7. Tipo de recolección

Para la pregunta 5, ¿Conoce usted algún punto de recolección para residuos electrónicos en su ciudad? La figura 8 deja en evidencia el desconocimiento de las personas sobre la ubicación de puntos de recolección autorizados en su ciudad. Solo el 17% de los encuestados tiene conocimientos de ellos, y el 83% mostró desconocimiento total.

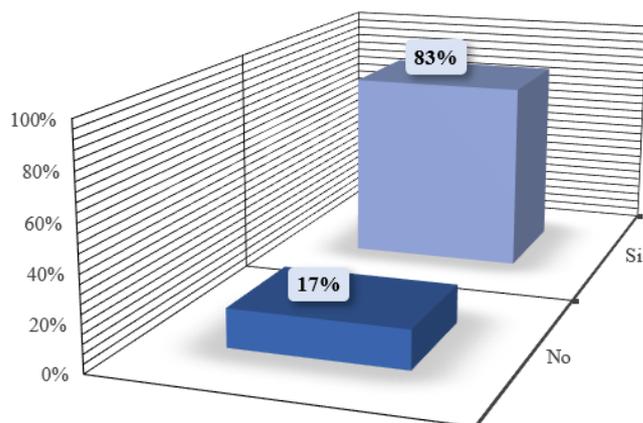


Figura 8. Porcentaje de conocimiento de puntos de recolección existentes

Para la pregunta 6, ¿Cree usted que debe fortalecerse las iniciativas del gobierno nacional para la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) por parte de todas las instituciones privadas? La figura 9 muestra la opinión pública sobre las iniciativas que tiene el gobierno ante la gestión de los residuos, mostrando que el 62,8% y el 28,8% con una perspectiva positiva al fortalecimiento de estas actividades. Sin embargo, el 8,4% restante presenta un desinterés o desacuerdo sobre las medidas para la gestión de residuos.

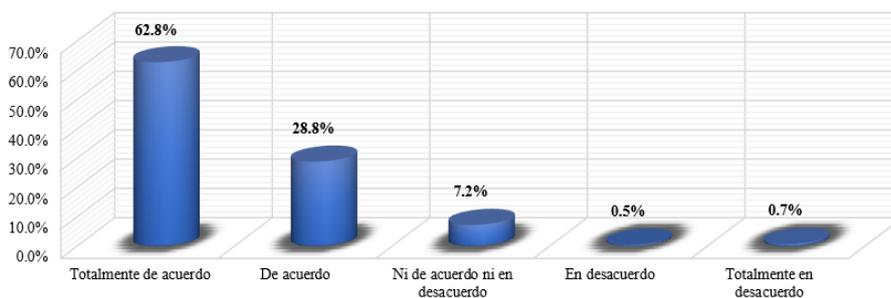


Figura 9. Porcentaje de acuerdo o desacuerdo a las iniciativas brindadas por el Gobierno Nacional para la gestión de los residuos electrónicos

Para la pregunta 7, ¿Qué importante es el tema del tratamiento de los desechos electrónicos para su sector, barrio o ciudad, de forma que le motiven a colaborar/participar? La figura 10, muestra el nivel de importancia que se le da al tratamiento de los desechos electrónicos en los barrios o ciudades. El 71% desde de importante, el 18% de poco a nada importante, mientras que el 11% de algo importante.

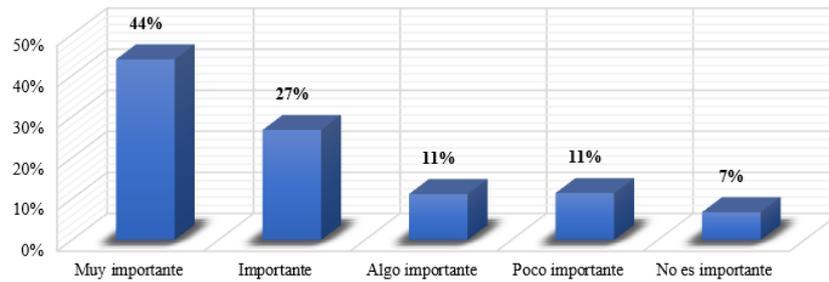


Figura 10. Porcentaje de importancia al tratamiento de los desechos electrónicos

Para la pregunta 8: ¿Se siente satisfecho por las acciones que las autoridades o directivos de empresas o instituciones en su medio brindan a los factores negativos asociados al desperdicio electrónico? En la figura 11 se presenta el nivel de satisfacción ante la gestión realizada por el gobierno con respecto a los residuos. El 27% se muestra en un grado muy favorable, el 61% se encuentra en un rango intermedio de satisfacción y 11% se mostró con un nivel de complacencia nulo.

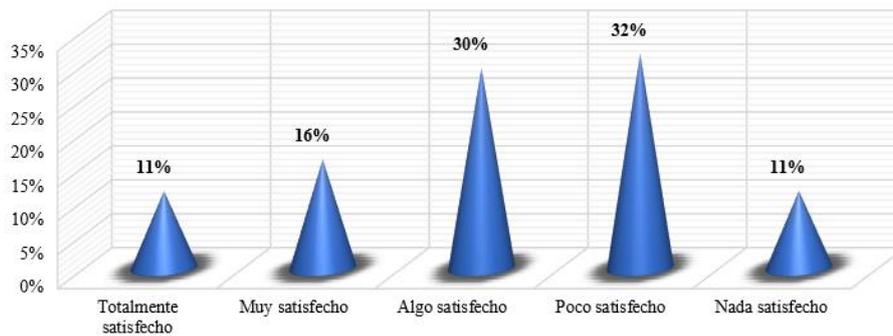


Figura 11. Porcentaje de satisfacción a la gestión realizada por parte del Gobierno Nacional con respecto a los desechos electrónicos

Para la pregunta 9: ¿Con qué frecuencia usted recicla los dispositivos electrónicos dañados o desgastados? Los datos reflejados en la figura 12 muestran un número significativo de personas que no están acostumbradas a reciclar sus dispositivos electrónicos. El 30% de los encuestados lo hace muy a menudo, el 32% lo realiza de manera ocasional y el 38% presenta probabilidades casi nulas.

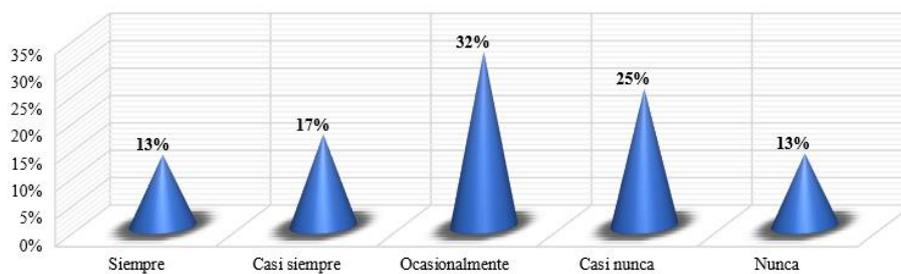


Figura 12. Porcentaje de frecuencia que los participantes reciclan un dispositivo dañado

Para la pregunta 10, ¿Usted estaría de acuerdo en empezar a tomar conciencia de las consecuencias ecológicas que un futuro producirá visiblemente los desechos electrónicos? El compromiso de las personas se puede ver reflejado en la figura 13, el 93,5% indica que está de acuerdo en tomar conciencia para minimizar el impacto de la contaminación ecológica, el 5,1% se encuentra en un punto de indecisión, mientras que el 1,4% restante no estaría interesado en tomar acción alguna.

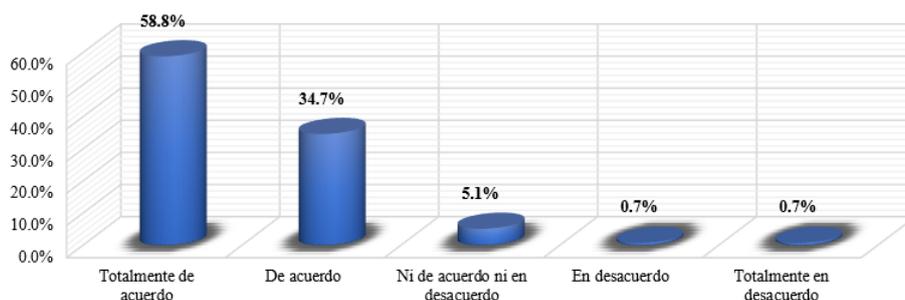


Figura 13. Porcentaje de conciencia ecológica por parte de los participantes

Para la pregunta 11: ¿Conoce usted las consecuencias a la salud y el ecosistema debido a una mala gestión de los dispositivos electrónicos? El conocimiento de los participantes se evidencia en la figura 14, el 67% muestra conocimientos sobre dichas consecuencias, sin embargo, el 33% que presenta desconocimiento sobre los daños que se dan a la salud y al ecosistema.

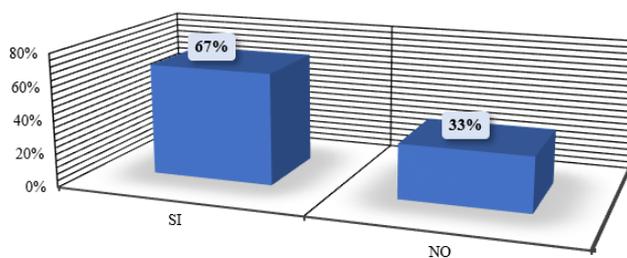


Figura 14. Porcentaje de conocimiento de las consecuencias a la salud y al ecosistema debido a una mala gestión de los dispositivos electrónicos

5. DISCUSIÓN

El desarrollo del presente trabajo tiene un enfoque cuantitativo, del cual se utilizó la técnica de encuesta digital. Se conoció información de procesos aplicados a la mitigación de los desechos electrónicos, resultados alcanzados al estudio de prácticas empleadas por las personas y las conclusiones obtenidas. El análisis realizado coincide con (Campuzano & Crisanto, 2020) donde se indica de que a pesar de existir proyectos y haber llevado a cabo acciones como la integración de campañas visuales como procedimiento de concientización, y la recaudación de dispositivos de parte de empresas privadas para ser remanufacturados y entregados a sociedades de bajos ingresos, aun se siguen desechando los artefactos electrónicos de manera incorrecta. De esta forma, se obtuvo además que esta investigación es correspondida por (Ngo, Watchalayann, et al., 2021) donde se expone que los sectores en los que se lleva a cabo un procesamiento incorrecto de los materiales son más propensos a contraer enfermedades cancerígenas mediante los alimentos que se ingieren. Por otro lado, de acuerdo con (Asante et al., 2019) el correcto manejo de los residuos también ayuda al crecimiento de la economía a partir de la importación de los componentes extraídos.

6. CONCLUSIÓN

Este trabajo evalúa la situación actual del E-waste en el Ecuador, analizando los factores que influyen de forma negativa en la sociedad. La identificación y localización de puntos de recolección es uno de los aspectos a considerar, así como el análisis de la visión y la misión. Este último da como resultado varios propósitos en común, sin embargo, el objetivo por reducir el impacto desfavorable de la basura electrónica es el principal.

Mediante el análisis de los resultados obtenidos, se permite determinar la gestión realizada por las organizaciones locales. Esto para definir el grado de incidencia que tienen las actividades efectuadas para el control de los desechos a lo largo del territorio ecuatoriano, al igual que la repercusión producida en la sociedad, analizando las consecuencias y beneficios que estas pueden presentar. Del mismo modo que posibilitan establecer un conjunto de recomendaciones a llevar a cabo.

Esta iniciativa permitirá una mejora en la ejecución de procesos utilizados para la mitigación de estos materiales, de tal manera que ayude a reducir el impacto del E-waste y la forma en la que estos inciden de manera perjudicial tanto en el ecosistema como la salud humana.

REFERENCIAS

- Ahmad, Z., Arya, D., Bell, K., McGregor, C., Scandrett, E., & Temper, L. (2022). Environmentalism from the margins: interviews with scholar-activists. *Community Development Journal*.
- Alarcón, C. N., Alarcón, J. N., & Rodríguez, J. P. (2019). Análisis de la exportación de los desechos electrónicos y su incidencia en el comercio exterior del Ecuador. *Espirales Revista Multidisciplinaria de Investigación*, 3(26), 40–49.
- Asante, K. A., Amoyaw-Osei, Y., & Agusa, T. (2019). E-waste recycling in Africa: risks and opportunities. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 18, 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2019.04.001>
- Asibey, M. O., Lykke, A. M., & King, R. S. (2020). Understanding the factors for increased informal electronic waste recycling in Kumasi, Ghana. *International Journal of Environmental Health Research*. <https://doi.org/10.1080/09603123.2020.1755016>
- Ayala Carabajo, R., & Llerena Izquierdo, J. (2014). *Primer Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria Académica*.
- Ayala Carabajo, R., & Llerena Izquierdo, J. (2017). *Tercer Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad*.
- Ayala Carabajo, R., Llerena Izquierdo, J., Parra, P., Vega Ureta, N., Hernández, A., Romero, I., Silva, J., Rojas, T., Pérez Gosende, P., Yaguana, T., Cueva, J., Sumba, N., Gonzaga Acuña, A., López Chila, R., Caballero, E., Portugal, D., Medina, F., Mendieta, N., Caamaño, L., ... Parra, P. (2016). *Segundo Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad Memoria académica*.
- Badola, N., & Chauhan, J. S. (2022). Waste Management: Challenges and Opportunities. *Bioremediation of Environmental Pollutants*, 1–23. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86169-8_1
- Bermeo-Paucar, J., Rea-Sánchez, V., López-Bermúdez, R., & Pico-Yépez, M. (2018). El reciclaje la industria del futuro en Ecuador. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 22(87), 8.
- Boubellouta, B., & Kusch-Brandt, S. (2021). Cross-country evidence on Environmental Kuznets Curve in Waste Electrical and Electronic Equipment for 174 Countries. *Sustainable Production and Consumption*, 25, 136–151. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2020.08.006>
- Campuzano, M. G., & Crisanto, T. (2020). E-waste Management: A Case Study of Municipalities of Santa Elena Province - Ecuador. *Communications in Computer and Information Science*, 1307, 587–598. https://doi.org/10.1007/978-3-030-62833-8_43
- Clinckspoor, G. L., & Ferraro, R. F. (2020). Analysis of the actors involved in the treatment of electronic waste from information and communication technologies (ICT), in the City of Mar del Plata. *Antipoda*, 2020(39), 41–64. <https://doi.org/10.7440/antipoda39.2020.03>
- Dalgo, D., Ochoa-Herrera, V., Pérez, G., Parra, R., Peñafiel, R., Sáenz, M., & Velasco, A. (2015). Electronic Waste Recycling Campaign at Universidad San Francisco de Quito, Ecuador. *Avances En Ciencias E Ingeniería*, 7(2), C116--C123.
- de la Nube Toral Sarmiento, A., Loaiza Martínez, M. de L., Llerena Izquierdo, J., Ayala Carabajo, R., Torres Toukoumidis, A., Romero-Rodríguez, L. M., Aguaded, I., Vega Ureta, N. T., Fuentes Espinoza, P. G., Peñafiel Caicedo, J. A., & others. (2018). *4to. Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria académica*.
- Dhir, A., Koshta, N., Goyal, R. K., Sakashita, M., & Almotairi, M. (2021). Behavioral reasoning

- theory (BRT) perspectives on E-waste recycling and management. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124269. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.124269>
- Dias, P., Bernardes, A. M., & Huda, N. (2019). Ensuring best E-waste recycling practices in developed countries: An Australian example. *Journal of Cleaner Production*, 209, 846–854. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.10.306>
- Dias, P., Islam, M. T., Lu, B., Huda, N., & Bernarde, A. M. (2022). e-Waste Transboundary Movement Regulations in Various Jurisdictions. *Electronic Waste: Recycling and Reprocessing for a Sustainable Future*, 33–59.
- dos Santos, K. L. (2020). Waste electrical and electronic equipment in macrometropole paulista: Legal framework and technology at the service of reverse logistics. *Ambiente e Sociedade*, 23, 1211. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC20190121R1VU2020L2DE>
- Dua, A., Dutta, A., Zaman, N., & Kumar, N. (2020). Blockchain-based E-waste management in 5G smart communities. *IEEE INFOCOM 2020 - IEEE Conference on Computer Communications Workshops, INFOCOM WKSHPS 2020*, 195–200. <https://doi.org/10.1109/INFOCOMWKSHPS50562.2020.9162845>
- Farizi, T. S., & Sari, R. F. (2021). Implementation of Blockchain-based Electronic Waste Management System with Hyperledger Fabric. *2021 2nd International Conference on ICT for Rural Development (IC-ICTRuDev)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IC-ICTRUDEV50538.2021.9656503>
- Francis Ogoro GETONTO, A., Kitetu, J., & Maghanga, C. (2021). Assessment of E-Waste Awareness in Medical Facilities in Nakuru Town, Kenya. *Editon Consortium Journal of Research in Medical and Health Sciences*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.51317/ECJRMHS.V1I1.266>
- Hameed, H. Bin, Ali, Y., & Petrillo, A. (2020). Environmental risk assessment of E-waste in developing countries by using the modified-SIRA method. *Science of The Total Environment*, 733, 138525. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.138525>
- Han, Y., Tang, Z., Sun, J., Xing, X., Zhang, M., & Cheng, J. (2019). Heavy metals in soil contaminated through e-waste processing activities in a recycling area: Implications for risk management. *Process Safety and Environmental Protection*, 125, 189–196. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2019.03.020>
- Hassan, A. I., & Saleh, H. M. (2022). Toxicity and hazardous waste regulations. In *Hazardous Waste Management* (pp. 165–182). Elsevier.
- Izquierdo, J. F. L. (2019). El Reciclaje Como Alternativa Al Desperdicio Electrónico: Compromiso Ciudadano Como Elemento Básico En La Preparación Profesional De Los Estudiantes De Computación De La Universidad Politécnica Salesiana. *El Reciclaje Como Alternativa Al Desperdicio Electrónico: Compromiso Ciudadano Como Elemento Básico En La Preparación Profesional De Los Estudiantes De Computación De La Universidad Politécnica Salesiana*.
- Kapoor, N., Sulke, P., & Badiye, A. (2021). E-waste forensics: An overview. *Forensic Science International: Animals and Environments*, 1, 100034. <https://doi.org/10.1016/J.FSIAE.2021.100034>
- Khatun, A., & Dhara, N. (2022). E-Waste Management: A New Concern for Environmental Sustainability. In *Smart Cities, Citizen Welfare, and the Implementation of Sustainable Development Goals* (pp. 222–238). IGI Global.
- Llerena Izquierdo, J. (2014). *Presentación. Primer Congreso Salesiano de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria Académica*.
- Llerena Izquierdo, J. F. (2019). El Reciclaje Como Alternativa Al Desperdicio Electrónico:

Compromiso Ciudadano Como Elemento Básico En La Preparación Profesional De Los Estudiantes De Computación De La Universidad Politécnica Salesiana. *El Reciclaje Como Alternativa Al Desperdicio Electrónico: Compromiso Ciudadano Como Elemento Básico En La Preparación Profesional De Los Estudiantes De Computación De La Universidad Politécnica Salesiana*.

- Llerena, J. (n.d.). *El reciclaje como alternativa al desperdicio electrónico: compromiso ciudadano como elemento básico en la preparación profesional de los estudiantes de Computación de la UPS*.
- Méndez-Fajardo, S., Böni, H., Vanegas, P., & Sucozhañay, D. (2020). Improving sustainability of E-waste management through the systemic design of solutions: the cases of Colombia and Ecuador. In *Handbook of Electronic Waste Management* (pp. 443–478). Elsevier.
- Misra, N. R., Kumar, S., & Jain, A. (2021). A Review on E-waste: Fostering the Need for Green Electronics. *Proceedings - IEEE 2021 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems, ICCIS 2021*, 1032–1036. <https://doi.org/10.1109/ICCCIS51004.2021.9397191>
- Mor, R. S., Sangwan, K. S., Singh, S., Singh, A., & Kharub, M. (2021). E-waste Management for Environmental Sustainability: an Exploratory Study. *Procedia CIRP*, 98, 193–198.
- Negash, Y. T., Sarmiento, L. S. C., Tseng, M.-L., Lim, M. K., & Ali, M. H. (2021). Engagement factors for household waste sorting in Ecuador: Improving perceived convenience and environmental attitudes enhances waste sorting capacity. *Resources, Conservation and Recycling*, 175, 105893.
- Ngo, H. T. T., Liang, L., Nguyen, D. B., Doan, H. N., & Watchalayann, P. (2021). Blood heavy metals and DNA damage among children living in an informal E-waste processing area in Vietnam. *Human and Ecological Risk Assessment*, 27(2), 541–559. <https://doi.org/10.1080/10807039.2020.1736985>
- Ngo, H. T. T., Watchalayann, P., Nguyen, D. B., Doan, H. N., & Liang, L. (2021). Environmental health risk assessment of heavy metal exposure among children living in an informal e-waste processing village in Viet Nam. *Science of the Total Environment*, 763, 142982. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142982>
- Shoma Nalwamba, D. (2022). *The Electronic Waste Management Crisis- A Situation Analysis of Zambia*. <https://doi.org/10.21203/RS.3.RS-1132285/V1>
- Vaccari, M., Vinti, G., Cesaro, A., Belgiorno, V., Salhofer, S., Dias, M. I., & Jandric, A. (2019). WEEE treatment in developing countries: Environmental pollution and health consequences—An overview. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(9), 1595. <https://doi.org/10.3390/ijerph16091595>
- Vanegas, P., Martínez-Moscoso, A., Sucozhañay, D., Paño, P., Tello, A., Abril, A., Izquierdo, I., Pacheco, G., & Craps, M. (2020). E-waste management in Ecuador, current situation and perspectives. *Handbook of Electronic Waste Management: International Best Practices and Case Studies*, 479–515. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817030-4.00013-9>
- Wibowo, N., Piton, J. K., Nurcahyo, R., Gabriel, D. S., Farizal, F., & Madsuha, A. F. (2021). Strategies for Improving the E-Waste Management Supply Chain Sustainability in Indonesia (Jakarta). *Sustainability 2021, Vol. 13, Page 13955*, 13(24), 13955. <https://doi.org/10.3390/SU132413955>
- Wu, Q., Du, Y., Huang, Z., Gu, J., Leung, J. Y. S., Mai, B., Xiao, T., Liu, W., & Fu, J. (2019). Vertical profile of soil/sediment pollution and microbial community change by e-waste recycling operation. *Science of the Total Environment*, 669, 1001–1010. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.178>

- Xavier, L. H., Giese, E. C., Ribeiro-Duthie, A. C., & Lins, F. A. F. (2019). Sustainability and the circular economy: A theoretical approach focused on e-waste urban mining. *Resources Policy*, 101467. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2019.101467>
- Xavier, L. H., Ottoni, M., & Lepawsky, J. (2021). Circular economy and e-waste management in the Americas: Brazilian and Canadian frameworks. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126570. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126570>
- Yadav, A. K. (2021). Review on E-Waste Management with special reference to benefits of E-Waste recycling for India. *Journal of Advanced Research in Instrumentation and Control Engineering*, 8(1 & 2), 18–21.
- Yang, H., Zhang, S., Ye, W., Qin, Y., Xu, M., & Han, L. (2020). Emission reduction benefits and efficiency of e-waste recycling in China. *Waste Management*, 102, 541–549. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2019.11.016>