



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Estrategias de Reciclaje para Residuos de Aparatos Eléctricos y
Electrónicos: Revisión Sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Salas Mamani, Victor Raul (ORCID: 0000-0002-8479-6354)

Villalva Jimenez, Rocio Mercedes (ORCID: 0000-0002-1965-5782)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2021

DEDICATORIA I

A mis padres Victor y Rosa, por todo el apoyo incondicional que me brindan y por la confianza que siempre depositan en mí.

A mi novia Jamelith por impulsarme y apoyarme en todo momento para que pueda cumplir con mis metas y objetivos.

A mi familia y amigos por demostrarme que siempre puedo contar con su apoyo.

Victor Raul Salas Mamani

DEDICATORIA II

A mi padre Cecilio, quien me enseñó que el mejor conocimiento que se puede tener es el que uno aprende por sí mismo.

A mi madre Marcia, quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede hacer, todo con esfuerzo.

Rocio Mercedes Villalva Jimenez

AGRADECIMIENTO I

Agradezco a la plana docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por las experiencias, consejos, principios y valores que inculcaron en los años de formación profesional.

A la Universidad César Vallejo por permitirme seguir avanzando en el proceso de formación y darme la oportunidad de obtener el título universitario.

Victor Raul Salas Mamani

AGRADECIMIENTO II

Agradezco infinitamente a Dios, por haberme dado fuerza y valor para lograr esta etapa de mi vida, a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por brindarme muchos conocimientos.

A la Universidad César Vallejo por permitirme seguir avanzando y tener un título universitario.

Rocio Mercedes Villalva Jimenez

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación	19
3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización	20
3.3. Escenario de estudio.....	23
3.4. Participantes	23
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.6. Procedimientos	24
3.7. Rigor científico	25
3.8. Método de análisis de información.....	26
3.9. Aspectos éticos.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
V. CONCLUSIONES	37
VI. RECOMENDACIONES.....	38
REFERENCIAS	39
ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Antecedentes internacionales</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 2. Categorías de productos de AEE</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 3. Composición metálica de los AEE.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 4. Sistemas de tratamiento o disposición final para los RAEE</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 5. Matriz de categorización apriorística</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 6. Principales equipos y aparatos eléctricos y electrónicos.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 7. Estrategias de reciclaje y tratamiento para residuos de aparatos eléctricos y electrónicos</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 8. Principales componentes de los RAEE</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 9. Principales impactos ocasionados por los RAEE</i>	<i>34</i>

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AEE	: Aparatos Electrónicos y Eléctricos
BES	: Sistemas Bioelectroquímicos
BFR	: Retardadores de Flama Bromados
COP's	: Compuestos Orgánicos Policromados
CRM	: Materias Primas Criticas
EU	: Unión Europea
PCB	: Bifenilos policlorados
RAEE	: Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos
REEE	: Residuos de Equipos Eléctricos y Electrónicos
UE	: Unión Europea

RESUMEN

El presente trabajo de investigación planteamos como objetivo general analizar de qué manera el reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos contribuye en el cuidado del ambiente, cuya metodología fue una revisión sistemática, de tipo aplicada, con enfoque cualitativo, y diseño narrativo de tópicos. Diversos artículos revisados manifiestan que la industria tecnológica es el mercado con mayor evolución sin embargo también es amenazante al ambiente y al ser humano, puesto que dichos residuos están compuestos por una serie de elementos como metales, plásticos, cables, entre otros, que representan un riesgo latente, ante ello se han venido planteando una serie de estrategias y procesos que tienen la finalidad de dar un adecuado tratamiento y reciclaje de los RAEE, los cuales van desde la aplicación de procesos químicos, físicos y metalúrgicos hasta la opción de relleno sanitario, por otro lado, la presente revisión tiene el propósito de sensibilizar a la población sobre los riesgos que cada día nos asechan debido al contacto continuo con los RAEE. Finalmente, se concluye que la necesidad de llevar a cabo estrategias de reciclaje y tratamiento para los RAEE permitirá que se reduzcan los impactos en el ambiente y consecuentemente la salud pública.

Palabras Claves: RAEE, reciclaje, estrategias, metales, ambiente.

ABSTRACT

The general objective of this research work was to analyze how the recycling of waste electrical and electronic equipment influences environmental care, whose methodology was a systematic review, applied, with a qualitative approach, and narrative design of topics. Several articles reviewed show that the technology industry is the market with the greatest evolution, however, it is also threatening to the environment and to human beings, since such waste is composed of a series of elements such as metals, plastics, cables, among others, which represent a latent risk, In view of this, a series of strategies and processes have been proposed with the purpose of providing an adequate treatment and recycling of WEEE, which range from the application of chemical, physical and metallurgical processes to the option of sanitary landfill, on the other hand, this review has the purpose of raising awareness among the population about the risks that threaten us every day due to the continuous contact with WEEE. Finally, it is concluded that the need to carry out recycling and treatment strategies for WEEE will reduce the impact on the environment and consequently on public health.

Key words: WEEE, recycling, strategies, metals, environment.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, la población mundial ha ido en crecimiento, y consigo el desarrollo económico, puesto que la obligación de los seres humanos por cubrir cada día sus necesidades básicas ha conllevado a que estas realicen una serie de actividades. Es por ello que la causa principal de la generación acelerada de residuos sólidos es el aumento de la humanidad sin un control ni planificación familiar adecuada (Huamaní, Tudela & Huamaní, 2020, p.107). Por otro lado, Sáez, Urdaneta & Joheni (2014), refieren que dicha situación, ha venido agudizándose no solo por el crecimiento demográfico, sino que la han influenciado los factores como el desarrollo ineficaz de industrias, los cambios en el estilo de vida y consumismo desmedido, sumado a ello la falta de gestión y manejo por parte de las autoridades locales y nacionales (p.122)

No obstante, en la actualidad, la modernización ha conllevado a la fabricación de productos tecnológicos con un cierto tiempo de vida útil, puesto que a medida que el tiempo pasa las nuevas tendencias tecnológicas se van apoderado del mercado y con ello el apuro desmedido de la población por adquirir dichos insumos sin que estos sean relevantes o necesarios para su vida cotidiana. Sin embargo, a raíz de la globalización avanzada la problemática ambiental de los residuos sólidos ha ido en aumento es por ello que Denegrí, Gonzales & Sepúlveda (2010), consideran que el hombre a lo largo del tiempo fue evolucionando pasando tener un estilo de vida nómada a sedentario, y es por ello que se han aumentado la generación de residuos (p.321).

Ahora bien, siendo los aparatos electrónicos y eléctricos (AEE), uno de los productos que hoy en día se han convertido en elementos esenciales para la vida cotidiana; cuyo uso para la población es resaltante en sus actividades diarias. Tal como lo manifiesta Chaverra, E. (2018), un factor determinante en el aumento de desechos electrónicos ha sido el acelerado desarrollo tecnológico en conjunto con el consumismo, convirtiéndolo en una problemática y agente de riesgo contaminante. Sin embargo es preciso señalar que su producción, consumo y eliminación han influenciado en la problemática ambiental de residuos ya que estos son considerados con mayor

peligrosidad debido a su composición, es por lo cual para Forti, et al. (2020), refieren que la forma de eliminación y/o reciclaje inadecuado de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), forma parte de los impactos en los recursos, el ambiente y la salud de la población, e incluso aquellos países que tienen un sistema de gestión de residuos debidamente implementado y formal presentan tasas bajas de recogida y reciclaje (p.9).

Ante lo expuesto y teniendo en cuenta que al año 2019 se han generado 53.6 millones de toneladas métricas de residuos electrónicos a nivel mundial el presente estudio tiene como finalidad analizar los tipos de estrategias de reciclaje en metales de alta tecnología, para ello se presenta como problema principal de la investigación: **¿De qué manera el reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos contribuye en el cuidado del ambiente?**, mientras que los problemas específicos son: **¿Cuáles son las estrategias de reciclaje para residuos de aparatos eléctricos y electrónicos?**, **¿Qué tipo de contaminantes emiten los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos?**, **¿Cuáles son los impactos ambientales que producen residuos de aparatos eléctricos y electrónicos?** Considerando que el reciclaje consiste en seleccionar y recuperar aquellos desechos que para algunos ya no son de utilidad, para ser transformados en otros con nueva vida útil, ante ello para el desarrollo de la problemática expuesta se determina como objetivo principal de la investigación: **Analizar de qué manera el reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos influye en el cuidado del ambiente**, mientras que los problemas específicos son: **Determinar las estrategias de reciclaje para residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, Determinar qué tipo de contaminantes emiten los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, Analizar los impactos ambientales que producen residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.**

Cabe agregar que la problemática ambiental de residuos ha ido generando conciencia en los gobiernos y en la creación de instituciones ambientalistas, con el objetivo de minimizar, contrarrestar y eliminar los impactos generados por estos, ante ello la generación acelerada de los residuos electrónicos a nivel mundial ha sido una alerta para los gobiernos y la población para conllevar a tomar medidas respecto a los

impactos medioambientales producidos (Cayumil, R. y Adasme, M., 2018, p.9). Del mismo modo Lopes, K. (2020), afirma que la gestión inadecuada de ese tipo de residuos puede ser extremadamente perjudicial tanto para el medio ambiente como para la salud humana, debido a que los riesgos existentes se deben a que muchos AEE tienen una alta concentración de sustancias tóxicas (p.2), es por lo cual el presente estudio se justifica bajo un enfoque de conciencia en la población, es decir se pretende informar sobre los diversos tipos de estrategias que permiten realizar un reciclaje adecuado de residuos metálicos procedentes de productos tecnológicos, que tienen como finalidad dar otro uso o función relevante al material. Del mismo modo se dará a conocer cuáles son los impactos ambientales que dichos productos ocasionan en el ambiente y consecuentemente en la salud de la población, de esta forma crecerá el interés en el ser humano de reutilizar aquellos productos que se creen ya no tienen valor y paralelamente educar a las generaciones a ser humanos ecoeficientes.

II. MARCO TEÓRICO

En la siguiente tabla se presentan la literatura, estudios e investigaciones enfocadas en el contexto nacional e internacional, sobre el estudio de sistemas o tipos de reciclaje para metales de alta tecnología.

Tabla 1. Antecedentes internacionales

TÍTULO DEL ESTUDIO	AUTOR(ES) AÑO	LUGAR DE ESTUDIO	OBJETIVO	DESARROLLO / CONCLUSIONES
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (raee): impacto social, ambiental, gestión y metodologías sobre su manejo	Becerra, D., et al. (2020)	México	Sensibilizar e informar sobre el peligro que existe en el tratamiento inadecuado de los RAEE	La revisión sistemática, pretende informar sobre la generación, destino y metodologías de reciclaje y recuperación para los RAEE. La búsqueda documentaria permitió determinar que en cada país ha ido implementando procesos que permitan el tratamiento adecuado para dichos residuos, así mismo indica y se dirige a la población haciendo hincapié en que se deben tomar conciencia y acciones que conlleven a disminuir la acumulación de los residuos, evitando así la contaminación al ambiente y los riesgos en la salud humana.

TÍTULO DEL ESTUDIO	AUTOR(ES) AÑO	LUGAR DE ESTUDIO	OBJETIVO	DESARROLLO / CONCLUSIONES
Biotechnological strategies for the recovery of valuable and critical raw materials from waste electrical and electronic equipment (WEEE) – A review	Isildar, A., et al. (2019)	Paris – Francia	Describir los bioprocesamiento mediante estrategias biotecnológicas tan diversas como la biolixiviación autotrófica y heterotrófica, la biosorción, la bioprecipitación y la recuperación bioelectroquímica.	En el estudio realizado se presentan los métodos actuales de la recuperación de Materias Primas Críticas (CRM) a partir de RAEE utilizando la biotecnología, los fundamentos bioquímicos de estas tecnologías de base biológica, las cuales consisten en tecnologías que abarcan la lixiviación inducida biológicamente (biolixiviación) a partir de diversas matrices, la sorción inducida por la biomasa (biosorción) y los sistemas bioelectroquímicos (BES).

TÍTULO DEL ESTUDIO	AUTOR(ES) AÑO	LUGAR DE ESTUDIO	OBJETIVO	DESARROLLO / CONCLUSIONES
Gestión de desechos electrónicos en la Universidad Autónoma de Sinaloa, campus Mazatlán	Martínez, A., Cuevas, D. & Osuna, J. (2019)	México	conocer cómo se realiza el manejo de los residuos de computadoras y sus partes por las unidades académicas de nivel superior, en el Campus Mazatlán de la Universidad Autónoma de Sinaloa.	A través del diseño de una encuesta aplicada a los administradores de laboratorios de cómputo de nueve escuelas se tuvo como fin analizar la gestión de los desechos electrónicos producidos en sus áreas, obteniendo que dichas unidades académicas generan gran cantidad de residuos electrónicos en un periodo de tiempo corto y ninguna de ellas cuenta con un método adecuado de reciclaje o disposición final,

TÍTULO DEL ESTUDIO	AUTOR(ES) AÑO	LUGAR DE ESTUDIO	OBJETIVO	DESARROLLO / CONCLUSIONES
<p>Innovating Collection Modes for Waste Electrical and Electronic Equipment in China</p>	<p>Cao, J., et al. (2018)</p>	<p>China</p>	<p>Explorar los modos innovadores de recogida de RAEE apropiados y dar sugerencias para países o economías cuya situación o sistema de recogida de RAEE sea similar al de China.</p>	<p>El trabajo de investigación en base a encuestas públicas, investigación de campo y búsqueda de bibliografías, se propusieron cuatro modos innovadores de recogida de RAEE: Modo de canales de recogida unificados, Modo de alianza entre fabricantes, Modo de plataforma de red innovadora, Plataforma de red innovadora construida por la propia empresa y Plataforma de red integrada por terceros. Las características, los méritos y las deficiencias de los cuatro modos se comparan y analizan.</p>

TÍTULO DEL ESTUDIO	AUTOR(ES) AÑO	LUGAR DE ESTUDIO	OBJETIVO	DESARROLLO / CONCLUSIONES
<p>Diseño del plan de gestión de residuos sólidos para la empresa “metalmecánica industrias Fercoplast SAC”, ubicada en Bogotá</p>	<p>Cortes, L. (2017)</p>	<p>Bogotá D.C</p>	<p>Diseñar un plan de gestión de residuos sólidos en la empresa metalmecánica Industrias Fercoplast S.A.S</p>	<p>Mediante una evaluación física de las áreas de la empresa se determinó los principales residuos sólidos generados por los procesos de la empresa, encontrando que los residuos con mayor prevalencia en las áreas son de procedencia metálica y toxica, ante ello se propuso alternativas con beneficios económicos y ambientales enfocados a la minimización, prevención y manejo de los residuos sólidos por medio de programas de gestión para cada uno de los residuos.</p>

TÍTULO DEL ESTUDIO	AUTOR(ES) AÑO	LUGAR DE ESTUDIO	OBJETIVO	DESARROLLO / CONCLUSIONES
<p>Simulación del proceso de gestión de los residuos electrónicos de la línea gris en la ciudad de Tarapoto para planificar escenarios futuros en el periodo 2016 – 2050</p>	<p>Arévalo, J. (2017)</p>	<p>Tarapoto - Perú</p>	<p>Determinar en qué medida la simulación del proceso de gestión de los residuos electrónicos de la línea gris en la ciudad de Tarapoto contribuyó en la planificación de los escenarios futuros en el periodo 2016 - 2050</p>	<p>El desarrollo de la investigación se centra en determinar la gestión de los residuos electrónicos de la línea gris dispuestos en un determinado tiempo, mediante una herramienta que permita simular y evaluar según escenarios (positivo, intermedio, negativo) el volumen de residuos producidos. De los resultados obtenidos se evidencia que la variable más resaltante es el porcentaje de reciclaje y no reciclaje según tipo de residuo electrónico de la línea gris y finalmente con los resultados obtenidos se podrá planificar un proceso de gestión adecuada.</p>

TÍTULO DEL ESTUDIO	AUTOR(ES) AÑO	LUGAR DE ESTUDIO	OBJETIVO	DESARROLLO / CONCLUSIONES
Plan de manejo para el acopio de los residuos metálicos	Hernández, I. & Ruiz, R. (2016)	Bogotá - Colombia	Establecer los lineamientos para el almacenamiento de los residuos metálicos en forma sanitaria y ambiental sustentable.	El estudio realizado propone un plan de manejo ambiental que contiene medidas orientadas a prevenir, corregir y mitigar o compensar los impactos y efectos ambientales generados por el acopio de todos los residuos metálicos del depósito el anticuario, de tal modo que estos sean reciclados y comercializados, como una forma de evitar ser dispuestos inadecuadamente y que impacten en el ambiente.

TÍTULO DEL ESTUDIO	AUTOR(ES) AÑO	LUGAR DE ESTUDIO	OBJETIVO	DESARROLLO / CONCLUSIONES
<p>Technical solutions to improve global sustainable management of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in the EU and China</p>	<p>Long, E., et al. (2016)</p>	<p>Unión Europea y china</p>	<p>Determinar los enfoques de gestión de los RAEE y los procesos prácticos de tratamiento al fin de su vida útil.</p>	<p>La investigación se basó en un estudio bibliográfico y práctico de cinco teléfonos móviles, donde en el estudio bibliográfico se evaluaron los enfoques de gestión de RAEE en la UE y China, así como la identificación de las mejores prácticas actuales. Por otro lado, los procesos prácticos de tratamiento que incluyeron remanufactura, reacondicionamiento, reparación, reciclaje, reutilización y eliminación de los residuos electrónicos, los cuales permitieron identificar las formas de recuperación de materiales que podrían ser reutilizables en otros productos.</p>

TÍTULO DEL ESTUDIO	AUTOR(ES) AÑO	LUGAR DE ESTUDIO	OBJETIVO	DESARROLLO / CONCLUSIONES
Métodos de reciclaje de materiales y obtención de energía a partir de los residuos de equipos eléctricos y electrónicos	Bautista, M., et al. (2015)	México	Describir los diferentes métodos de recuperación de materiales y la obtención de energía a partir de los REEE.	El desarrollo de la investigación de tipo descriptiva, se realizó mediante una matriz comparativa de los diferentes tratamientos de los REEE. Obteniendo resultados que permitieron identificar la factibilidad de las alternativas de reciclaje de materiales y recuperación de energía de los REEE. La relevancia del estudio fue conocer las diversas alternativas de recuperación de materiales, además de identificar nuevos materiales de generación de energía alternativa, con el fin de reducir el riesgo de contaminación.

TÍTULO DEL ESTUDIO	AUTOR(ES) AÑO	LUGAR DE ESTUDIO	OBJETIVO	DESARROLLO / CONCLUSIONES
Análisis de la Cadena de Suministros de los RAEE en el Perú 2013-2017	Landa, H. y Miranda, D. (2019)	Perú	Identificar las actividades que deben mejorar en la cadena de suministros de los RAEE en el Perú para que sean más eficientes.	El trabajo de investigación consistió en analizar la cadena de suministros local, el comercio internacional y la concientización a las empresas públicas, privadas y también al público en general sobre la importancia del reciclaje electrónico con los adecuados procesos en el marco de la ley vigente en el Perú, el desarrollo fue mediante el uso del programa ATLAS TI para el análisis cualitativo con el fin de buscar conocer las actividades que deben mejorar en la cadena de suministros del RAEE en el Perú. Los resultados obtenidos, detectaron que la falta de cultura de reciclaje, las imprecisiones y vacíos en la normativa RAEE, falta de tipificación de sanciones, infracciones y fiscalización son las acciones que contribuyen a una mala gestión de residuos.

Los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE); son considerados aquellos productos elaborados en base a componentes o fuentes de alimentación eléctricos o baterías, tales como electrodomésticos, juguetes, equipos de entretenimiento (música, videojuegos, etc.) y dispositivos móviles o de comunicación (Forti, et al., 2020, p.19).

Mina, G., Vivas, J. y Flórez, J. (2018), mencionan que, los RAEE, son un tipo de desechos que ha llegado a generar más de 9 millones de toneladas en la Unión Europea (UE), y para el 2020 se ha estimado el crecimiento en 12 millones de toneladas, convirtiéndose en los desechos con mayor crecimiento (p.91). Ahora bien, existen 6 tipos de aparatos considerados como aquellos que generan residuos metálicos tal como:

Tabla 2. Categorías de productos de AEE

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLOS
Aparatos de intercambio de temperatura:	Comúnmente denominados equipos de refrigeración y congelación.	Refrigeradoras, congeladoras, aparato de aire acondicionado, calefacción y/o bombas de calor.
Pantallas y monitores	Aquellos que presentan una pantalla de visualización de imágenes.	Televisores, computadoras, laptops, mini portátiles, consolas de juegos y tablets.
Lámparas	Aquellos aparatos que tienen la característica de emitir luz o alumbrado.	Lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad y las lámparas LED.

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLOS
Grandes aparatos	Consideran aquellos equipos que tienen capacidad de reemplazar la habilidad del ser humano y realizar tareas que requieren esfuerzo.	Lavadoras, secadoras, lavavajillas, cocinas eléctricas, impresoras y fotocopiadoras, paneles fotovoltaicos.
Pequeños aparatos	Considera aquellas herramientas o aparatos portátiles, que tienen capacidades de uso para facilitar las actividades humanas y por su tamaño y manipulación son comúnmente requeridas.	Aspiradoras, hornos microondas, equipos de ventilación, tostadoras, hervidores eléctricos, afeitadoras eléctricas, básculas, calculadoras, aparatos de radio, videocámaras, juguetes eléctricos y electrónicos, herramientas eléctricas y electrónicas, dispositivos médicos.
Aparatos de informática y de telecomunicaciones pequeños	Aquellos aparatos portátiles de uso personal y que tienen la capacidad de facilitar la comunicación espontánea entre humanos.	teléfonos móviles, GPS, calculadoras de bolsillo, las computadoras personales, las impresoras y los teléfonos.

Fuente: Forti, et al., 2020, p.19

Así mismo, cabe agregar que los aparatos electrónicos y eléctricos están compuestos en su mayoría por elementos como: bario, cadmio, cobre, plomo, hierro, plástico, cobre, aluminio oro, plata, etc. Tal como se muestra en la siguiente tabla la composición de algunos productos.

Tabla 3. Composición metálica de los AEE

COMPONENTES	ARTEFACTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS
Ferrosos	Carcasas, bobinas, elementos magnéticos.
Aluminio	Carcasas, cables.
Magnesio	Carcasas, cuerpo de cámaras.
Cobre	Cable, conectores.
Plata	Contactos, transistores, diodos, interruptores, circuitos integrados.
Paladio / Platino / Rhodio	Condensadores, conectores, contactos, transistores, diodos, soldaduras.
Plata	Soldaduras libre de plomo, condensadores, contactos, transistores, baterías, chips para radio frecuencias, celdas fotovoltaicas.
Antimonio	Aleaciones, aditivos para retardantes de flamas, elementos de soldadura.
Galio	Semiconductores, diodos de LED, foto detectores, celdas fotovoltaicas.
Germanio	Celdas fotovoltaicas, fibra de vidrio, chips semiconductores.
Indio	Pantallas planas, celdas fotovoltaicas, semiconductores, LED
Tierras raras (neodimio, disprosio, escandio, lantano, itrio)	Magnetos, baterías níquel metal hidruro, fluorescentes fosforados.
Tantalio	Condensadores.
Berilio	Aleaciones de: berilio-cobre, óxidos de beriliocerámicas.
Telurio	Celdas fotovoltaicas, foto-receptores, aparatos fotoeléctricos.
Tungsteno	Electrodos, cables y componentes eléctricos, aditivos en tubos de rayos catódicos.

COMPONENTES	ARTEFACTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS
Niobio	Aleaciones, condensadores.
Nitruro de titanio	Soldaduras libres de plomo, celdas fotovoltaicas, LCD, condensadores en miniatura.

Fuente: Verna, V., 2017, p.13-14

Por otro lado, se denominan residuos electrónicos o de alta tecnología, aquellos equipos o productos que han sido utilizados en el campo de la informática, telecomunicaciones, distracciones en casa o negocios, y que al tener un determinado tiempo de vida útil se consideran irreparables. Sin embargo, en su mayoría dichos residuos pueden ser re aprovechables ya sea en forma total o parcial. (Arévalo, J., 2017, 37). Así mismo, para Isildar, A. (2019), los RAEE son aquellos desechos que, al llegar a su final de uso económico, estos ya no pueden ser utilizados por los consumidores, no obstante, también refiere que los RAEE constituyen la fracción más grande y de rápido crecimiento de los residuos de tipo municipal (p.467).

Cabe agregar que la manipulación inadecuada de los residuos electrónicos ocasiona problemas en la salud pública, es por ello que se proponen estrategias de reciclaje, las cuales se definen como una técnica que permite la transformación física, química o biológica de los productos considerados residuos, con la finalidad que puedan adquirir nuevas características y usos (Arévalo, J., 2017, 38).

Marconi, M., et al. (2018), mencionan que los RAEE son los flujos más críticos de gestionar, puesto que representan un alto porcentaje de los residuos municipales del mundo, así mismo estos aumentan continuamente con alrededor del 5% anual (p.503). No obstante, si fuese el caso que los residuos de alta tecnología, no tienen uso ni capacidad para ser reciclados y al ser considerados dañinos y peligrosos, estos deben tener un proceso de aislamiento y confinamiento especial en su disposición final. Ahora bien, el reciclaje se define como un sistema en el que los materiales de desecho se recogen, clasifican y procesados en una forma utilizable para su uso en la producción de productos diferentes y nuevos (Long, E., et al., 2016, p.8).

En la siguiente tabla se describe los principales procedimientos realizados como tratamiento o disposición final a los residuos de aparatos eléctricos o electrónicos.

Tabla 4. Sistemas de tratamiento o disposición final para los RAEE

TRATAMIENTO	OBJETIVO
Reacondicionamiento, reparación y reúso	El fin es alargar la vida útil de los equipos y/o partes de este, mediante la reparación o reacondicionamiento.
Fundición	Consiste en el tratamiento térmico de minerales o metales a través de una oxidación, es decir se calientan con oxígeno, o una reducción sin oxígeno.
Descontaminación	Extracción de los componentes peligrosos, de tal modo que no sean mezclados con las fracciones aprovechables, de tal modo facilitar su manejo.
Desensamble manual	Consiste en el desmantelamiento mecánico con el fin de extraer los componentes y piezas de manera eficiente y reducir el riesgo de contaminación.
Desensamble mecánico (trituration)	Consiste en triturar los equipos de tal modo que sean destruidos para posteriormente ser separados de tal modo que los materiales de utilidad puedan ser comercializados.
Refinación térmica y química:	Tiene como fin aislar los metales preciosos, se utilizan como procesos la pirólisis, la hidrólisis o una combinación de ambas.
Incineración de manera controlada	Tiene como objetivo asegurar la disposición o la transformación segura del material en una forma inerte mediante el poder calorífico contenido en los materiales para la recuperación de energía.
Relleno de seguridad	Sustancias peligrosas como mercurio, plomo entre otras se pueden generar de la descomposición de los RAEE, es por ello que se requiere contar con rellenos sanitarios de seguridad.

Fuente: Chanove, A., 2016, p.47-48

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación de tipo aplicada, tiene como finalidad generar conocimientos que permitan ser aplicados en la sociedad para el desarrollo de una problemática, así mismo dicho estudio se forma en base a teorías adquiridas en una investigación básica (Lozada, J., 2014, p.35). Por otro lado, la investigación aplicada también se denomina utilitaria, puesto que plantea problemas concretos para la búsqueda de soluciones inmediatas, con la finalidad de llevar a cabo las acciones de solución mediante la integración de teorías pre existentes (Baena, 2017, p.17-18). Ante lo mencionado, el presente estudio, fue desarrollado bajo un enfoque de teorías y conceptos ya existentes, los cuales tuvieron como finalidad buscar información y estudios previos que involucren determinar estrategias de reciclaje para residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

Ahora bien, el enfoque cualitativo de una investigación, es un proceso interpretativo es decir que se basa en indagar distintas metodologías para desarrollar un problema humano o social, así mismo condice a la comprensión de los fenómenos y al descubrimiento de un cuerpo organizado de conocimientos (Iño, W., 2018, p.96). Del mismo modo Hernández, Fernández, y Baptista (2014), define que el enfoque cualitativo nace como una literatura existente, y utiliza la recolección y análisis de datos como evidencias e información de los eventos a investigar, de tal modo precisar las interrogantes de la investigación o manifestar nuevas (p.7-9).

Por otro lado, se tiene el diseño de investigación narrativa, se enfoca en mostrar evidencias a partir de testimonios relevantes, hechos, opiniones o experiencias, dicho diseño permite investigar, conocer e interpretar el mundo subjetivo (Alan, D. y Cortez, L., 2017, p.81). Sin embargo, el diseño cualitativo narrativo de tópicos, busca describir y analizar las ideas, estos conocimientos se obtienen de la recolección de los datos de fuentes como: revistas, documentos, artículos que son de interés para el investigador, (Salgado, 2007, p.72).

Ante lo mencionado el presente estudio tuvo como finalidad, analizar de qué manera el reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos influye en el cuidado del ambiente, mediante la revisión sistemática de literaturas existentes, con el fin de aportar un conjunto de conceptos e ideas acerca del reciclaje adecuado de los RAEE en los se destaquen la importancia de su adecuado tratamiento para el cuidado tanto en la salud pública como en los recursos naturales.

3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización

Dentro del desarrollo de una revisión sistemática, uno de los procesos esenciales e importantes es la determinación de los temas o categorías y subtemas o subcategorías que se desarrollaran, dicha acción se realizó a partir de la organización y recopilación de la información. Ante lo mencionado, Herrera, J., Guevara, G. y Munster. H. (2015), define a categorías como aquellas que denotan un tópico en sí mismo, mientras que las subcategorías detallan los tópicos en micro aspectos. Además, pueden ser construidas antes de la recopilación de información o mediante el levantamiento de esta, dicha acción surge de la formulación de problemas y objetivos de la investigación (p.125).

Es decir que las categorías se definen como los temas más resaltantes de los problemas específicos y las subcategorías los aspectos que conformaran la categoría, para ello, en el siguiente cuadro se presenta la matriz de categorización apriorística, detallando la formulación de problemas, objetivos, categorías y subcategorías, y las cuales serán determinadas por los criterios propuestos.

Tabla 5. Matriz de categorización apriorística

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CATEGORÍAS	SUB CATEGORÍAS	CRITERIO 1	CRITERIO 2
¿Cuáles son las estrategias de reciclaje para residuos de aparatos eléctricos y electrónicos?	Determinar las estrategias de reciclaje para residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.	Estrategias de reciclaje (Martínez, A., Cuevas, D. y Osuna, J., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Fundición • Refinación • Incineración • Relleno de seguridad 	De acuerdo al objetivo del tratamiento para recuperar los componentes.	De acuerdo al objetivo del tratamiento para darles disposición final.
¿Qué tipo de contaminantes emiten los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos?	Determinar qué tipo de contaminantes emiten los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.	Contaminantes de los RAEE (Lopes, K., 2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Metales ferrosos • Metales no ferrosos • Elementos químicos 	De acuerdo al tipo de componentes presentes en los equipos eléctricos o electrónicos.	De acuerdo al tipo de equipos o aparatos eléctricos o electrónicos.

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CATEGORÍAS	SUB CATEGORÍAS	CRITERIO 1	CRITERIO 2
¿Cuáles son los impactos ambientales que producen residuos de aparatos eléctricos y electrónicos?	Analizar los impactos ambientales que producen residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.	Impactos ambientales (Isildar, A., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Directos • Indirectos • Positivos • Negativos 	De acuerdo al origen de los impactos ocasionados.	De acuerdo al porcentaje de daño ocasionado en el medio.

3.3. Escenario de estudio

Hernández, Fernández, y Baptista (2014), se define a un escenario de estudio como el ambiente, espacio o contexto donde se realizan los sucesos de la problemática (p.514). De acuerdo a ello, el presente estudio está enfocado describir las estrategias de reciclaje para residuos de aparatos eléctricos y electrónicos a nivel mundial, es decir el escenario de estudio considerado son todos los países del mundo.

3.4. Participantes

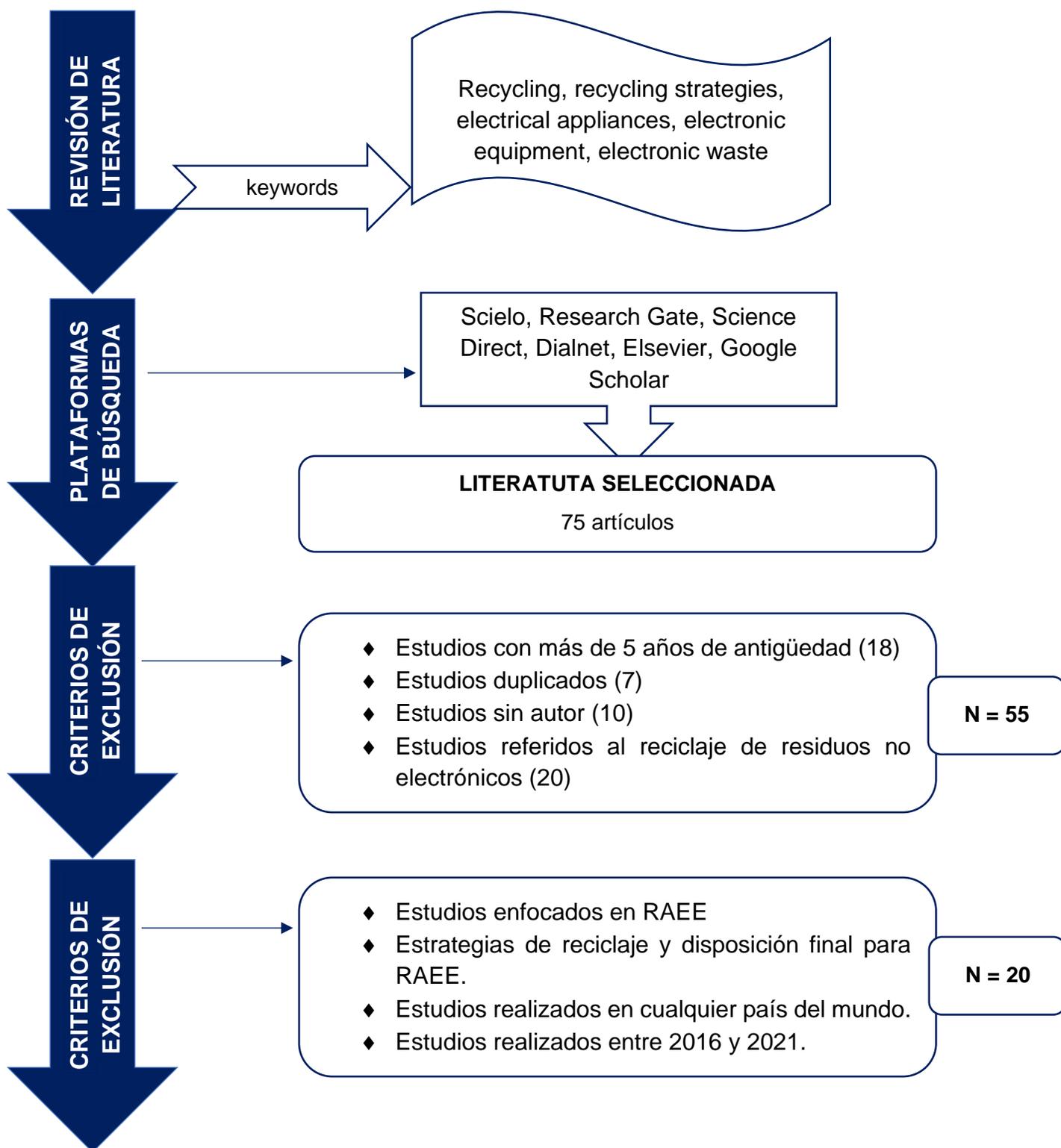
La revisión sistemática, se desarrolló a partir de la búsqueda de literatura en las plataformas de Redalyc, Dialnet, Scielo, Science Direct, Springer Link, Web of Science, ProQuest, Research Gate, Google Scholar en las cuales se obtuvieron las investigaciones, libros, informes, artículos, tesis, etc., que plasmen los estudios de estrategias de reciclaje para los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Quintana y Montgomery (2006), refieren que una técnica de generación y recolección de información, son planteadas con el fin de responder a una situación o problemas a investigar cabe agregar que el tipo de información a recopilar estará relacionada a los tipos de técnicas e instrumentos a utilizar (p.60). No obstante, Guerrero, Cortez y Carchi (2017), mencionan que, en la investigación cualitativa, se emplean primordialmente datos en base a lenguaje o registros narrativos, y en los que se utilizan instrumentos como cuestionarios o fichas de observación sistemática (p.68).

Es por lo cual que, para el desarrollo de la presente investigación, la recolección de datos e información estará dada a través del instrumento denominado “ficha de análisis de contenido” (Anexo N°1), en la cual se contemplará la información más relevante de las investigaciones y fuentes a utilizar, lo cual permitirá asociar y organizar la data e información requerida e importante.

3.6. Procedimientos



3.7. Rigor científico

Erazo, M. (2011), afirma que el rigor científico está ligado a la falta de errores es decir la impecabilidad de una investigación (p.120), del mismo modo Quiroz (2020), determina que el aplicar una rigurosidad y disciplina en un determinado tema de investigación permite establecer los lineamientos, teorías, metodologías y procedimientos que contribuyan al desarrollo del problema planteado.

Ante ello, para definir un rigor científico dentro de una investigación se consideran 4 aspectos importantes: la credibilidad o validez; que permite reflejar la realidad del concepto que se pretende dar, es decir un proceso reiterado de comparación y reconfirmación de los conceptos o conocimientos adquiridos durante la investigación. Transferibilidad o transferencia; es un aspecto que permite trasladar los resultados a otros contextos de estudios de tal modo que permitirá comparan las investigaciones. Fiabilidad o confirmación; que consiste en aplicar repetidamente una técnica al mismo objetivo y que este siempre logre un mismo resultado, lo cual también pretende revelar la veracidad de los resultados sin que estos estén influenciados por intereses propios del autor. Y finalmente la Consistencia; que está enfocada en la neutralidad del análisis y la interpretación de la información, la cual se logra cuando en otras investigaciones se llegan a los mismos hallazgos, (Arias, M. y Giraldo, C., 2011, p.502-503).

De este modo, la presente investigación aplica el rigor científico mediante la credibilidad o validez de la información y conceptos considerados sobre las estrategias de reciclaje, así mismo tiene el criterio de transferibilidad o transferencia de los datos o resultados obtenidos ya que han sido puestos de una realidad hacia otra con el fin de ser comprobados, por otro lado, se consideró el criterio de fiabilidad o confirmación es decir aplicar las estrategias de reciclaje para los RAEE, y que estas sean siempre con resultados positivos sin que sean alterados por interés propio y finalmente el criterio de consistencia enfocado en obtener la misma información que otros estudios han llegado de tal modo que se confirme con certeza la veracidad de la investigación.

3.8. Método de análisis de información

La recolección de información para el desarrollo de la presente investigación fue realizada en base a los procedimientos del punto 3.6. Mientras que, para el proceso de análisis de datos, este se realizó en base a los criterios designados para cada categoría descrita en el punto 3.2.

Ahora bien, la primera categoría, “estrategias de reciclaje”, se plantea como subcategorías a: Fundición, Refinación, Incineración, Relleno de seguridad los cuales serán determinados mediante 2 criterios; de acuerdo al objetivo del tratamiento para recuperar los componentes y de acuerdo al objetivo del tratamiento para darles disposición final.

Para la segunda categoría, “Contaminantes de los RAEE”, se plantea como subcategorías: Metales ferrosos, Metales no ferrosos y Elementos químicos desarrollados en base a los criterios de acuerdo al tipo de componentes presentes en los equipos eléctricos o electrónicos y de acuerdo al tipo de equipos o aparatos eléctricos o electrónicos.

Para la tercera categoría, “Impactos ambientales”, se determinan como subcategorías: Directos, Indirectos, Positivos y Negativos definidos por los criterios; de acuerdo al origen de los impactos ocasionados y de acuerdo al porcentaje de daño ocasionado en el medio.

3.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos a tener en cuenta en la presente revisión sistemática se basan en el respeto a la autoría de las fuentes de información, citando apropiadamente con estilos internacionales (ESTILO APA), así mismo mantener los principios de la bioética (beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia), además del cumplimiento de los aspectos relevantes del código de ética del área de investigación de la universidad Cesar Vallejo y de la escuela de ingeniería ambiental, en el cual se indica que para realizar una investigación esta se basa en una serie de normas que regulan las buenas

prácticas y los principios éticos, para de tal modo garantizar la responsabilidad y honestidad de los investigadores. Es por ello que, el autor está sometido a recibir las sanciones e infracciones descritas en la Resolución de Consejo Universitario N° 0126-2017/UCV, Artículo 22, si en caso se comprobara cualquier infracción y la cual estará sujeta a consideración del Tribunal de Honor de la Universidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la actualidad, los aparatos y equipos eléctricos y electrónicos, constituyen una de las industrias de mayor crecimiento debido a la demanda cada vez más grande y la obligación de cubrir ciertas necesidades, ante ello se han venido innovando tecnologías modernas, sin embargo, la vida útil ha sido reducida, tal como se muestra en la siguiente tabla, existen algunos equipos de los cuales su peso varía entre 0.82 hasta 30 kg, y su vida útil máxima es de 10 años.

Tabla 6. Principales equipos y aparatos eléctricos y electrónicos

EQUIPOS	PESO APROX. (KG)	VIDA ÚTIL
Televisores	30	10
Computadoras	25	5
Portátiles (Laptops)	11	5
Equipos sonidos	12	6
Teléfonos	1.2	6
Celulares	0.82	3

De acuerdo a lo descrito en la tabla 6, Isildar, A. (2019), manifiesta que un aspecto importante a tener en cuenta es que a medida del tiempo la reducción de la vida útil de los aparatos electrónicos y la falta de consenso legislativo internacional sobre la gestión de los RAEE, hacen que los residuos electrónicos sean de mayor porcentaje.

Por otro lado, Becerra, D., et al. (2020), menciona que los RAEE constituyen el 2% de los residuos sólidos en el mundo, sin embargo, representan el 70 % de los residuos

peligrosos, y lo que aun más es preocupante que al año 2040 estos llegaran a representar el 14% de las emisiones de carbono.

Sin embargo, los gobiernos y organizaciones ambientalistas han influenciado a diario para realizar investigaciones y aportar científicamente a la recuperación de los RAEE y/o tratamiento de estos, es por lo cual en la siguiente tabla se describen las estrategias y/o procesos más comunes en el reciclaje y tratamiento de los RAEE.

Tabla 7. Estrategias de reciclaje y tratamiento para residuos de aparatos eléctricos y electrónicos

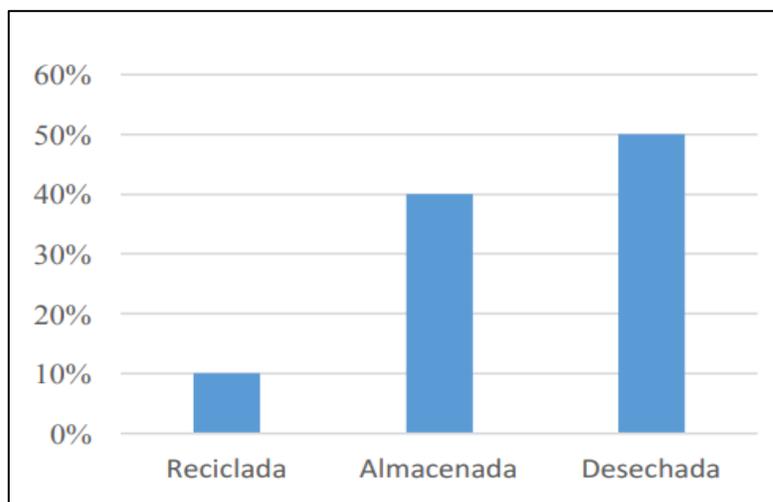
ESTRATEGIAS O PROCESOS	DESCRIPCIÓN	TIPO DE RESIDUOS
Reacondicionamiento, reparación y reúso	Es adaptable a aquellos equipos que siguen funcionando, ya que dicha estrategia tiene como fin reparar y reacondicionar el equipo de tal modo se alargue la vida útil.	Piezas de equipos electrónicos, y eléctricos
Fundición	Consiste en reciclar y reprocesar metales ferrosos y no ferrosos mediante el proceso térmico (oxidación o reducción).	Metales ferrosos y no ferrosos
Proceso Manual	Es común en plantas recicladoras, en la que se utilizan herramientas flexibles. Aunque implica el uso de mucha mano de obra, capacitación y costos elevados.	Bifenilos policlorados (PCB)
Proceso Mecánico	Este proceso requiere acciones flexibles de desensamblado, siendo una opción el uso de robots o inteligencia artificial	Plásticos, vidrios, partes eléctricas

ESTRATEGIAS O PROCESOS	DESCRIPCIÓN	TIPO DE RESIDUOS
	para el manejo más eficiente de los equipos.	
Proceso Químico	Tiene el fin de recuperar los componentes químicos para ser usados en otros dispositivos, mediante 2 formas: Recuperación de monómeros por despolimerización y conversión del plástico a carbón puro.	Bifenilos policlorados (PCB), plásticos
Proceso Metalúrgico	Proceso utiliza directamente las tarjetas para ser usadas en fundiciones de cobre , sin embargo requiere de un control estricto de las emisiones, puesto que se pueden producir sustancias tóxicas como las dioxinas y furanos.	Piezas de equipos electrónicos, y eléctricos
Relleno de seguridad	La emisión de sustancias como peligrosas como plomo o mercurio provenientes de los residuos ya inservibles genera gran riesgo, es por ello que se plantea ser depositados en rellenos de seguridad, como disposición final.	Piezas de equipos electrónicos, y eléctricos

ESTRATEGIAS O PROCESOS	DESCRIPCIÓN	TIPO DE RESIDUOS
Biolixiviación de metales	se lleva a cabo por un grupo muy diverso de microorganismos, que incluye principalmente tres grupos de microorganismos como: procariontes quimiolitotróficos, bacterias heterotróficas y hongos.	Compuestos metálicos

De acuerdo a la tabla anterior, existen una serie de procesos y estrategias que permiten reciclar y/o reutilizar a los desechos de equipos y aparatos eléctricos y electrónicos, no obstante para Martínez, A., Cuevas, D. y Osuna, J. (2019), generalmente existen 3 procesos o tratamiento principales que se dan a los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, por un lado, el reciclaje el cual es aplicado solo en un 10 % en los países latinoamericanos, del mismo modo el proceso de almacenamiento que se da en los hogares en un 40% y la opción más óptima para la población es la desechada que se da en un 50%, debido a que es la más factible de realizar y menos costosa, dichas cifras se representan en la siguiente figura.

Figura 1. Porcentaje de estrategias realizadas para los RAEE



Tal como se puede observar en la figura anterior, el proceso más común aplicado en los hogares es desechar los RAEE, ante ello, Becerra, D., et al. (2020), refiere que el proceso más importante y destacado es el ciclo de reciclaje para este tipo de residuos, puesto que contribuyen en gran beneficio al ambiente y la salud pública, aunque dicha actividad genere un valor económico alto. Del mismo modo, Kaya, M. (2016), manifiesta que el reciclaje con tecnología segura y de forma respetuosa con el medio ambiente, reduce el consumo de recursos naturales, reduce la huella de carbono y disminuye los riesgos medioambientales.

Sin embargo, Cesaro, A., et al. (2018), refuta dichas afirmaciones, determinado que las prácticas más comunes son el desmantelamiento manual debido a que permite recuperar eficientemente los residuos metálicos como el cobre y otras piezas ricas en metales para su reventa o reutilización. Por otro lado, Estrada, R., et al. (2016), afirma que el procesamiento mecánico y/o físico para el reciclaje o tratamiento de los RAEE, es más fácil de realizar y ante todo es más amigable con el ambiente, además que es viablemente económico.

No obstante, Gregorescu, R., et al. (2019), manifiestan que, en la actualidad, los RAEE ha evolucionado hasta convertirse en un importante problema social, debido a que el reciclaje y tratamiento de los RAEE implica riesgos laborales y medioambientales que aún no están documentados. La recuperación de RAEE presenta también varias ventajas, como la conservación de los recursos de materias primas la disminución del consumo de energía, o el ahorro de los materiales vírgenes utilizados. Finalmente, Rojas, N., Echeverry, L. y Sierra, S. (2018), afirman que cualquier proceso de reciclaje y/o tratamiento de residuos debe aplicar un principal criterio que es ser ambientalmente benéfico además de económicamente viable.

Ahora bien, Los RAEE, debido a su finalidad contienen una mezcla de materiales o insumos que permite realizar eficientemente el funcionamiento de estos, para la satisfacción y expectativas del cliente, tal como lo manifiesta Chauhan, G., et al. (2018), los RAEE son una mezcla compleja de más de 1.000 sustancias tóxicas que

se unen principalmente en tres grupos: materiales orgánicos, metales y cerámica (p.1288), es por lo cual, en la siguiente tabla, se mencionan algunos de los componentes que se incluyen en la fabricación de los equipos y aparatos, así mismo el porcentaje (%), empleado de cada componente.

Tabla 8. Principales componentes de los RAEE

COMPONENTES	PORCENTAJE	AUTOR
Plástico	15 – 30 %	Bautista, M., et al., 2015, p.741
Cerámica	40 – 50 %	
Metales	20 – 30 %	
Polímeros	30 %	
Óxidos refractarios	30 %	Chanove, A., 2016, p.43
Pantallas LCD y CRT	12 %	Becerra, D., et al., 2020, p.116
Cables	2 %	
Circuitos impresos	2 %	

Tal como se observa en la tabla anterior, los RAEE en su mayoría están compuestos por materiales de cerámica, seguido de metales y compuestos polímeros, los cuales hacen que sean peligrosos para el ambiente y la salud pública. Ante ello, Bautista, M., et al. (2015), mencionan que los aparatos eléctricos y electrónicos, contiene sustancias tóxicas agrupadas en Compuestos Orgánicos Policromados o Retardadores de Flama Bromados (BFR), Metales Pesados y otros compuestos, sin embargo, dicha composición depende de la edad, origen y fabricante de los productos.

Mientras que Becerra, D., et al. (2020), manifiesta que son los componentes metálicos los que tienen mayor relevancia en los RAEE, es decir su grado de concentración es mucho mayor a los extraídos en las actividades mineras. Lo cual es corroborado por

Cesaro, A., et al. (2018), quienes refieren que aproximadamente el 65% del peso total de los equipos y aparatos eléctricos y electrónicos incluyen metales básicos y preciosos y su recuperación se considera una importante estrategia para impulsar la aplicación de prácticas de reciclaje de los RAEE.

Tien, W. (2020), menciona que debido a la toxicidad y la persistencia ambiental algunos retardantes de llama bromados y metales pesados (es decir, mercurio y cadmio), estos se deben prohibir en el uso o inclusión para la fabricación de los aparatos. Del mismo modo, Terje, A., Bjorn, J. y Alok, M. (2020), refieren que los residuos electrónicos son uno de los flujos de residuos de más rápido crecimiento en el mundo, y estos contienen metales preciosos y peligrosos como cobre, oro, plata, paladio, cobalto, fósforo y platino, y su cantidad va en aumento, ya que utilizamos más equipos electrónicos con una vida útil corta.

En otro aspecto, debido a que los aparatos eléctricos y electrónicos están compuestos por una serie de metales tales como bario, berilio, cadmio, cromo, mercurio, níquel, plomo, entre otros, pueden llegar a generar una serie de impactos tanto en el ambiente como la salud siendo la población infantil, mujeres embarazadas y adultos mayores los más vulnerables, dichos impactos se mencionadas en la siguiente tabla.

Tabla 9. Principales impactos ocasionados por los RAEE

IMPACTOS AMBIENTALES	IMPACTOS EN LA SALUD
Impacto en las superficies del suelo	Posibles daños en el sistema nervioso, endocrino y cardiovascular.
Impactos en las aguas superficiales y subterráneas.	Edema Cerebral, debilidad muscular.
Impacto en los organismos acuáticos.	Aumento de la presión sanguínea y daño hepático.
Efectos tóxicos en la flora, la fauna y los microorganismos	Generación de células cancerígenas.

Influye en el aumento del calentamiento global.	Daños irreversibles en los riñones y huesos.
Alteración de los principales ecosistemas.	Puede afectar a los sistemas endocrinos, inmunológicos y respiratorios.

De acuerdo a lo descrito en la tabla anterior, existe una serie de impactos tanto ambientales como en la salud poblacional provocados por los RAEE, siendo la causa principal el manejo inadecuado de los residuos eléctrico y electrónicos ocasionan contaminación en los recursos naturales y con ello representan un riesgo y amenaza en la salud humana. Lo cual es manifestado por Isildar, A. (2019), quien menciona que la gestión inadecuada de los RAEE es un alarmante problema medioambiental mundial debido a la presencia de una gran variedad de sustancias tóxicas incrustadas en los aparatos

Es por ello que Chanove, A. (2016), determina que los compuestos como metales pesados y los compuestos orgánicos polibromados son generadores de emisiones de dioxinas al quemarse provocando la contaminación del suelo, agua y aire debido a la quema y exposición de los materiales al ambiente.

No obstante, Becerra, D., et al. (2020), refiere que los RAEE impactan directamente a las personas que se encuentran cerca o en contacto con los lugares donde se realizan las acciones de reciclaje o separación de éstos, así mismo otra acción peligrosa es la ingesta de estos contaminantes que se puede dar mediante la inhalación, absorción dérmica o digestiva de vapores o partículas producidas cuando se incineran.

Para Cesaro, A., et al. (2018), Los trabajadores que están en contacto directo con los RAEE son los que sufren efectos negativos en su salud debido a la exposición a través del contacto con la piel y la inhalación, mientras que la comunidad en general está expuesta a los contaminantes a través de humo, el polvo, el agua potable y la contaminación de los alimentos. Finalmente, para Bautista, M., et al. (2015), los

equipos como televisores, computadoras y aparatos de sonido son los que generan mayor impacto. Es por lo cual se debe tener mayor cuidado con ellos.

V. CONCLUSIONES

Luego de realizar la revisión sistemática de artículos, se determinó como conclusiones:

- ✓ Las principales estrategias y procesos para el reciclaje y tratamiento de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos son el proceso manual, mecánico, químico, el relleno de seguridad, sin embargo, de acuerdo a los autores el reciclaje es el procedimiento con mayor beneficio para el ambiente y la salud humana.
- ✓ Los contaminantes más comunes presentes en los aparatos eléctricos y electrónicos, son los compuestos plásticos, cerámica, metales (cobre, cadmio, plomo, mercurio entre otros), los compuestos polímeros, óxidos refractarios, pantallas, cables y circuitos, los cuales debido a su función que cumplen son relevantes, aunque sean los principales contaminadores y peligrosos.
- ✓ Los impactos ambientales que producen residuos de aparatos eléctricos y electrónicos son en el ambiente; produciendo alteraciones en los recursos naturales (agua, suelo, aire), en los ecosistemas, flora y fauna además de contribuir al aumento del calentamiento global.

VI. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones se recomienda:

- Realizar mayores investigaciones respecto a las estrategias de reciclaje y tratamiento de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- Realizar una comparación entre las estrategias de reciclaje y tratamiento de tal modo determinar cuál es la más eficiente, económica y viablemente para realizar.
- Indagar en las estrategias de reciclaje y tratamiento de los RAEE, que se llevan a cabo en los diferentes países del mundo, definiendo cuál es su metodología de aplicación, costos y eficiencia.

Para las autoridades y población se recomienda.

- Contribuir en el reciclaje adecuado de los RAEE, de tal manera evitar que estos perjudiquen el ambiente y su propia salud.
- Realizar acciones y lineamientos que permitan un manejo integral de los RAEE, para evitar que estos tengan impactos negativos.
- Definir áreas específicas con condiciones y características adecuadas para el reciclaje de los productos RAEE.

REFERENCIAS

1. ALAN, David y CORTEZ, Liliana. Procesos y fundamentos de la investigación científica. *Redes, Editorial UTMACH*, Ecuador, 2017, 127pp.
Disponible en:
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12498/1/Procesos-y-FundamentosDeLainvestiagcionCientifica.pdf>
2. ARÉVALO, Juan. Simulación del proceso de gestión de los residuos electrónicos de la línea gris en la ciudad de Tarapoto para planificar escenarios futuros en el periodo 2016 – 2050. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de san Martín, Tarapoto, Perú, 2017, 128pp.
Disponible en:
<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2629/SISTEMAS%20-%20Juan%20Carlos%20Arevalo%20Reyna.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. ARIAS, María y GIRALDO, Clara. El rigor científico en la investigación cualitativa. *Revista Investigación y Educación en Enfermería*, Colombia, 2011, 29(3): 500-514pp.
ISSN: 0120-507
Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1052/105222406020.pdf>
4. BAENA, G. Metodología de a investigación: Serie integral por competencias. 3°ed. Ebook, México, 2017, 157pp.
ISBN: 978-607-744-748-1
5. BAUTISTA, María., et al. Métodos de reciclaje de materiales y obtención de energía a partir de los residuos de equipos eléctricos y electrónicos. *Revista de Tecnología e Innovación*, 2015, 2(4): 740-755pp.
Disponible en:
http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia_e_innovacion/vol2num4/Revista-de-Tecnologia-e-Innovacion--Volumen-4-94-109.pdf

6. BECERRA, Dulce., et al. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE): impacto social, ambiental, gestión y metodologías sobre su manejo. *Revista Enerlac*, 2020, 4(2): 104-134pp.
ISSN: 2602-8042
Disponible en: <http://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/view/127/200>
7. CAYUMIL, Romina y ADASME, Marcelo. Desafíos y estrategias de mejora en el manejo y procesamiento de e-waste. *RChD: creación y pensamiento*, 2018, 3(5): 12 pp.
Disponible en: <https://revistaestudiosarabes.uchile.cl/index.php/RChDCP/article/view/49916/54109>
8. CESARO, Alessandra, et al. A device-specific prioritization strategy based on the potential for harm to human health in informal WEEE recycling. *Environ Sci Pollut Res*, 2018, 25(1): 683–692pp.
Doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0390-7>
9. CHANOVE, Andrea. “identificación y valoración de impacto de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en la ciudad de Arequipa y propuesta de un sistema de gestión de residuos. Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Agustín, 2016, 149pp.
Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/1871/AMchmaam.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
10. CHAUHAN, Garima, et al. Novel technologies and conventional processes for recovery of metals from waste electrical and electronic equipment: Challenges & opportunities – A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2018, 6(1): 1288 – 1304 pp.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.01.032>

11. CHAVERRA, Elizabet. Viability in the export of WEEE (waste electrical and electronic equipment) Colombia - China. business opportunity. *En Contexto Revista de Investigación en Administración, Contabilidad, Economía y Sociedad*, Colombia, 2018, 6(9): 107-118 pp.
ISSN: 2346-3279
Disponible en: <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/encontexto/article/view/501/708>
12. CAO Jian, et al. Innovating Collection Modes for Waste Electrical and Electronic Equipment in China. *Sustainability*. 2018, 10(5): 1-33pp.
Disponible en: https://www.mdpi.com/2071-1050/10/5/1446#framed_div_cited_count
13. CORTES, L. Diseño del plan de gestión de residuos sólidos para la empresa “metalmecánica industrias Fercolplast SAC”, ubicada en Bogotá. Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 2017, 120pp.
Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5939/CortesMu%C3%B1ozLuisCarlosAlain2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
14. DENEGRÍ, Gonzales & Sepúlveda. Estrategias instruccionales para promover en estudiantes universitarios actitudes hacia el reciclaje. *Educere, Redalyc*, Venezuela, 2010, 14(49): 319-331 pp.
Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/356/35617102008.pdf>
15. ESTRADA, Ruiz., et al. Separation of the metallic and non-metallic fraction from printed circuit boards employing green technology. *Journal of Hazardous Materials*, 2016, 311(1): 91–99pp.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.02.061>
16. ERAZO, María. Rigor científico en las prácticas de investigación cualitativa. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 2011, 22(42): 107-136pp.
ISSN: 0327-5566
Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/145/14518444004.pdf>

17. FORTI, V., et al. Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos, 2020: Cantidades, flujos y potencial de la economía circular. Universidad de las Naciones Unidas (UNU), Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones (UNITAR) – coorganizadores del programa SCYCLE, Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA), Bonn/Ginebra/Rotterdam, 2020, 120pp,
ISBN: 978-92-808-9127-0
Disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM-2020-Spanish.pdf?csf=1&e=Kfdt3X>
18. GRIGORESCU, Ramona., et al. Waste Electrical and Electronic Equipment: A Review on the Identification Methods for Polymeric Materials. *Recycling*, 2019, 4(32): 21 pp.
Disponible en: <https://www.mdpi.com/2313-4321/4/3/32>
19. GUERRERO, CORTEZ & CARCHI (2017). La investigación científica. 1° ed., Editorial Utmach, Ecuador, 2017, 106pp.
ISBN: 978-9942-24-092-7
Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12501/1/Tecnicas-y-MetodosCualitativosParaInvestigacionCientifica.pdf>
20. HERRERA, J., GUEVARA, G. Y MUNSTER. H. Los diseños y estrategias para los estudios cualitativos. Un acercamiento teóricometodológico. *Gaceta Médica Espirituana* [en línea], 2015, 17, (2): 120-134pp.
ISSN 1608-8921.
Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1608
21. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos & BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 6° ed., McGraw-Hill, México. 2014, 634pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0

22. HERNÁNDEZ, I. & RUIZ, R. Plan de manejo para el acopio de los residuos metálicos. Tesis de investigación, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá, Colombia. 2016
Disponibile en: <https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/4715/T.A%20HERNANDEZ%20AMORTEGUI%20IVONNE%20ALEXANDRA%20%202016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
23. HUAMANÍ, C., TUDELA, J. & HUAMANÍ, A. Gestión de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca, Puno, *Revista de Investigación Alto andina*, 2020, 221: 106-115 pp.
ISSN: 2313-2957
Disponibile en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v22n1/2313-2957-ria-22-01-106.pdf>
24. ISILDAR, Arda, et al. Biotechnological strategies for the recovery of valuable and critical raw materials from waste electrical and electronic equipment (WEEE) – A review. *Journal of Hazardous Materials*, 2019, 362(1): 467-481pp.
Disponibile en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0304389418307398?token=588B3BBD88DF94F19D9DF705B81D417A4C9F5B7AF6972D838DB73173B98E9A79B35F0E5CF24EF700DB739156030059D>
25. IÑO, Weimar. Investigación educativa desde un enfoque cualitativo: la historia oral como método. *Voces de la educación*, 2018, 3(6): 93-110pp.
ISSN: 2448-6248
Disponibile en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6521971>
26. KAYA, Muammer. Recovery of metals and nonmetals from electronic waste by physical and chemical recycling processes. *Waste Management*, 2016, 57(1): 64–90pp.
Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.004>

27. LANDA, Raúl y MIRANDA, Diego. Análisis de la cadena de suministros de los RAEE en el Perú 2013-2017. Tesis de post grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, 2019, 123 pp.
Diponible en: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626003/Landa_H_R.pdf?sequence=3&isAllowed=y
28. LONG. Euan, et al. Technical solutions to improve global sustainable management of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in the EU and China. *Journal of Remanufacturing*, 2016, 6(1): 1-27pp.
Disponibile en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s13243-015-0023-6.pdf>
29. LOPEZ, Kaue. Waste electrical and electronic equipment in Macrometrópole Paulista: legal framework and technology at the service of reverse logistics. *Ambiente y Sociedad*, Sao Paulo, Brazil, 2020, 23(1): 20 pp.
Disponibile en: <https://www.scielo.br/pdf/asoc/v23/1809-4422-asoc-23-e01211.pdf>
30. LOZADA, José. Investigación Aplicada: Definición, propiedad intelectual e industrial. *Ciencia América, Dialnet*, 2014, 3(1): 47-50pp.
ISSN: 190-9592
Disponibile en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
31. MARCONI, Marco, et al. An approach to favor industrial symbiosis: the case of waste electrical and electronic equipment. *Procedia Manufacturing*, 2018, 21(1): 502–509pp.
DOI: 10.1016/j.promfg.2018.02.150
32. MARTÍNEZ, Ángel, CUEVAS, David y OSUNA, Jesús. Gestión de desechos electrónicos en la Universidad Autónoma de Sinaloa, campus Mazatlán. *Riti Journal*, 2019, 7(13): 53-60pp.
ISSN: 2387-0893

33. MINA, Gustavo, VIVAS, Julián y FLÓREZ, Juan. Diseño e implementación de un sistema termosolar con residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. *Revista Producción + Limpia*, 2018, 13(2): 89 – 102 pp.
Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v13n2/1909-0455-pml-13-02-00089.pdf>
34. QUINTANA, A. Y MONTGOMERY, W. Metodología de Investigación Científica Cualitativa. Psicología: Tópicos de actualidad. Lima: UNMSM, 2006, 49 – 84 pp. [Fecha de consulta: 05 de noviembre del 2020].
Disponible en: <http://www.ubiobio.cl/miweb/webfile/media/267/3634305-Metodologia-de-Investigacion-Cualitativa-A-Quintana.pdf>
35. ROJAS, Néstor, ECHEVERRY, Lúver y SIERRA, Sebastián. Thermo-kinetics of lead leaching from recycled batteries. *Ingeniería y Desarrollo, Universidad del Norte Colombia*, 2018, 36(1): 155 – 171 pp.
ISSN: 2145-9371
Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v36n1/2145-9371-inde-36-01-00155.pdf>
36. SÁEZ, A., URDANETA G. & JOHENI A. Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Revista Omnia, Venezuela*, 2014, 20(3): 121-135 pp.
ISSN: 1315-8856
Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>
37. SALGADO, A. Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. *Liberabit*. [en línea], 2007 p.7. [fecha de consulta: 2 de noviembre del 2020]
ISSN 1729-4827
Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/liber/v13n13/a09v13n13.pdf>
38. TERJE, Andersen, BJORN, Jaeger y ALOK, Mishra. Circularity in Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Directive. Comparison of a

Manufacturer's Danish and Norwegian Operations. *Sustainability*, 2020, 12(5236): 15 pp.

Doi: 10.3390/su12135236

39. TIEN, Wen. Recycling Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) and the Management of Its Toxic Substances in Taiwan—A Case Study. *Toxics*, 2020, 8(48): 12 pp.

Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7560359/pdf/toxics-08-00048.pdf>

40. VERNA, Vito. Gestión Ambiental del Manejo de Residuos de Aparatos Electrónicos y Eléctricos (RAEE) provenientes de la comercialización en tiendas por departamento. Tesis de postgrado (Magister), Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017, 161pp.

Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9107>

ANEXOS

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN APRIORÍSTICA

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CATEGORÍAS	SUB CATEGORÍAS	CRITERIO 1	CRITERIO 2
¿Cuáles son las estrategias de reciclaje para residuos de aparatos eléctricos y electrónicos?	Determinar las estrategias de reciclaje para residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.	Estrategias de reciclaje (Martínez, A., Cuevas, D. y Osuna, J., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Fundición • Refinación • Incineración • Relleno de seguridad 	De acuerdo al objetivo del tratamiento para recuperar los componentes.	De acuerdo al objetivo del tratamiento para darles disposición final.
¿Qué tipo de contaminantes emiten los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos?	Determinar qué tipo de contaminantes emiten los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.	Contaminantes de los RAEE (Lopes, K., 2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Metales ferrosos • Metales no ferrosos • Elementos químicos 	De acuerdo al tipo de componentes presentes en los equipos eléctricos o electrónicos.	De acuerdo al tipo de equipos o aparatos eléctricos o electrónicos.
¿Cuáles son los impactos ambientales que producen residuos de aparatos eléctricos y electrónicos?	Analizar los impactos ambientales que producen residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.	Impactos ambientales (Isildar, A., 2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Directos • Indirectos • Positivos • Negativos 	De acuerdo al origen de los impactos ocasionados.	De acuerdo al porcentaje de daño ocasionado en el medio.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TITULO:

PAGINAS UTILIZADAS	AÑO DE PUBLICACION	LUGAR DE PUBLICACION
	<input type="text"/>	<input type="text"/>

TIPO DE INVESTIGACION:	AUTOR (ES):

CODIGO :	
PALABRAS CLAVES :	
TIPO DE ESTRATEGIA DE REFORESTACIÓN APLICADA :	
TIPO DE BOSQUE :	
PARAMETROS DASOMETRICOS : (CARACTERIZACION)	
RESULTADOS :	
CONCLUSIONES:	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "ESTRATEGIAS DE RECICLAJE PARA RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELETRÓNICOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA", del (los) autor (autores) VILLALVA JIMENEZ ROCIO MERCEDES, SALAS MAMANI VICTOR RAUL, constató que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación / Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 05 de julio de 2021

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
Sernaque Auccahuasi Fernando Antonio DNI: 07268863 ORCID: 0000-0003-1485-5854	