



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE ELECTRICIDAD

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE RECICLAJE DE LÁMPARAS
LED Y MATERIAL ELECTRÓNICO”**

Propuesta tecnológica presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
en Electricidad

AUTOR:

Reinoso Quinga Wellington Javier

TUTOR:

Ing. León Segovia Marco Aníbal Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

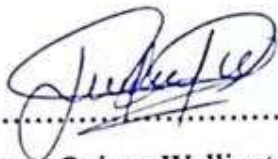
FEBRERO - 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Reinoso Quinga Wellington Javier, con cédula de ciudadanía No. 1850388180, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE RECICLAJE DE LÁMPARAS LED Y MATERIAL ELECTRÓNICO”** siendo el Ing. León Segovia Marco Aníbal, tutor del presente trabajo: y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, febrero del 2025



.....
Reinoso Quinga Wellington Javier

C.C. 1850388180

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE RECICLAJE DE LÁMPARAS LED Y MATERIAL ELECTRÓNICO”, de **Reinoso Quinga Wellington Javier**, de la carrera Ingeniería en Electricidad, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 21 de febrero del 2025



.....
TUTOR

Ing. MSc. Marco Anibal León Segovia

CC: 0502305402

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: **Reinoso Quinga Wellington Javier**, con el título del Proyecto de titulación “ **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE RECICLAJE DE LÁMPARAS LED Y MATERIAL ELECTRÓNICO**” ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 21 febrero del 2025

Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)

Franklin Hernán Vásquez Teneda


CC: 1710434497



Lector 2

Mullo Pallo Mauricio Eduardo

CC: 0503755183



Lector 3

Estupiñán Tello Diego Enrique

CC: 0501656508

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen María por ser mi guía y mi fortaleza en cada desafío. Su presencia en mi vida me ha otorgado la paciencia, la sabiduría y la perseverancia necesarias para superar los retos inherentes a mi desarrollo profesional como Ingeniero Eléctrico.

A mis padres, Milton Reinoso y Elida Quinga, le dedico un agradecimiento especial por ser ese apoyo incondicional con sus enseñanzas y sus consejos me ha guiado en los momentos difíciles que han pasado por mi vida. Agradezco su ejemplo de fortaleza, perseverancia y compromiso, que me ha demostrado que, a través del esfuerzo y la determinación, es posible superar desafíos y alcanzar los objetivos establecidos

A mis hermanas Mercy y Ximena, cuyo cariño y palabras de aliento me han demostrado lo desafiante que puede ser la vida, pero no dar marcha atrás.

Quiero agradecer también a la mujer que ha estado en toda mi etapa de estudios, con su apoyo moral e impulsándome a ser mejor persona, su amor ha sido fundamental para seguir en pie y demostrar que ante toda dificultad ella estará apoyándome aquí.
Mayerly

A los docentes que, con su dedicación durante mi formación académica, me han proporcionado los conocimientos necesarios para desenvolverme en este tema y llegar a este punto.

Wellington J. Reinoso

ÍNDICE GENERAL

1.	INFORMACIÓN GENERAL	11
2.	INTRODUCCIÓN.....	12
2.1	SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	13
2.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
2.3	OBJETO DE CAMPO Y ACCIÓN	14
2.4	BENEFICIARIOS	14
2.4.1	Beneficiarios directos.....	14
2.4.2	Beneficiarios indirectos	14
2.5	JUSTIFICACIÓN.....	14
2.6	OBJETIVOS.....	15
2.6.1	Objetivo General.....	15
2.6.2	Objetivos Específicos.....	15
2.6.3	Sistema de tareas	15
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	16
3.1	ANTECEDENTES.....	16
3.1.1	Nacional	16
3.1.2	Regional	17
3.1.3	Local	18
3.2	CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL RECICLAJE	19
3.2.1	Reciclaje.....	19
3.2.2	Tipos de reciclaje	19
3.3	Lámparas led	20
3.3.1	Eficiencia Energética de las lámparas led.....	20
3.3.2	Durabilidad	21
3.3.3	Tipos de iluminación led.....	21
3.3.4	Diseño y aplicaciones	21

3.4	Reciclaje de lámparas led.....	22
3.4.1	Proceso de reciclaje de lámparas led	22
3.4.2	Campanas de reciclaje de lámparas led	23
3.4.3	Beneficios del reciclaje de lámparas led.....	24
3.4.4	Inconvenientes en el reciclaje de lámparas led	24
3.5	Métodos de recolección de aparatos eléctricos y lámparas led.....	25
3.6	Aplicación del principio de jerarquización en la gestión integral de RAEE.....	27
3.7	Fases de gestión de RAEE	27
3.8	Pantallas LED.....	29
3.9	Celda Solar	31
3.10	Panel Solar.....	31
3.11	Materiales e Instrumentos	31
4.	HIPÓTESIS	32
5.	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	32
5.1	Metodología	32
5.2	Descripción del prototipo caso 1	33
5.2.1	Adquisición de los elementos	34
5.2.2	Desmontaje de las piezas	34
5.2.3	Análisis operacional.....	35
5.2.4	Montaje de la estructura.....	36
5.2.5	Lecturas de voltajes obtenidos	36
5.3	Planos de diseño	37
5.3.1	Esquemático.....	37
5.4	Descripción del prototipo caso 2.....	37
5.4.1	Evaluación.....	37
5.4.2	Conexión de pantallas	39
6.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41

6.1	Reciclaje de material electrónico	41
6.1.1	Componentes de lámparas led	41
6.2	Diseño del prototipo caso 1	42
6.2.1	Recolección de datos configuración en serie	42
6.2.2	Recolección de datos en paralelo	43
6.2.3	Recolección de datos en configuración mixta (serie y paralelo)	44
6.3	Diseño del prototipo 2	46
6.4	Análisis económico	47
6.4.1	Comparativa del prototipo	47
6.4.2	Costo del prototipo caso 1	47
6.4.3	Costo de producción del prototipo de celda solar	48
6.4.4	Costo prototipo caso 2	49
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
7.1	CONCLUSIONES	50
7.2	RECOMENDACIONES	50
8.	REFERENCIAS	51
	Ilustración 1. Proceso de reciclaje de lámparas led.	23
	Ilustración 2. Diagrama de procesos reciclados [11].	27
	Ilustración 3. Principio de jerarquización y gestión integral de los RAEE [6].	27
	Ilustración 4. Lámparas led.	34
	Ilustración 5. Led SMD.	35
	Ilustración 6. Configuración operacional [32].	35
	Ilustración 7. Curva de emisión de colores.	36
	Ilustración 8. Configuración del sistema.	37
	Ilustración 9. Pantallas led de celulares.	38
	Ilustración 10. Colocación de canaletas y ubicación de pantallas.	39
	Ilustración 11. Conexión de pantallas led.	39
	Ilustración 12. Ubicación de pantallas y conexión de plugs de salida de energía.	40

Ilustración 13. Construcción de base solar.	41
Ilustración 14. Prototipo de panel solar con la utilización de pantallas led.	41
Ilustración 15. Componentes de una lámpara led.	42
Gráfica 1. Voltajes obtenidos de leds SMD.....	37
Gráfica 2. Medición de [V] en 3 períodos.	43
Gráfica 3. Resultados en [V] de la configuración en paralelo.	44
Gráfica 4. Resultados de Voltaje [V] en Configuración mixta.....	46
Gráfica 5. Voltajes [V] medidos en panel solar de pantallas led.	47
Figura 1. Proceso de estudio de factibilidad de lámparas y pantallas led.....	33
Figura 2. Conexión en serie.	42
Figura 3. Conexión el paralelo.....	43
Figura 4. Conexión Mixta (serie y paralelo).....	45
Tabla 1. Sistema de tareas.....	15
Tabla 2. Vida útil de luminarias expresadas en horas.....	21
Tabla 3. Tabla de gestión de RAEE [27].	27
Tabla 4. Dispositivos electrónicos.	30
Tabla 5. Materiales.....	31
Tabla 6. Datos obtenidos de leds SMD.....	36
Tabla 7. Resultados obtenidos en mediciones de 3 períodos.....	42
Tabla 8. Configuración en paralelo.....	44
Tabla 9. Análisis de datos de configuración mixta.	45
Tabla 10. Análisis de datos obtenidos del panel solar mediante pantallas led.	46
Tabla 11. Análisis comparativo.	47
Tabla 12. Descripción de Prototipo con un panel comercial Resun.	48
Tabla 13. Descripción de Prototipo de panel solar de pantallas led.	49

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS****CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

Título: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE RECICLAJE DE LÁMPARAS LED Y MATERIAL ELECTRÓNICO

Autor:

Reinoso Quinga Wellington Javier

Tutor:

Ing. Marco Aníbal León Ms.C

RESUMEN

En la actualidad existe un gran consumo de material electrónico referente a muchas áreas como la generación de energía, almacenamiento, entretenimiento, iluminación, etc., pero estos elementos y dispositivos no tienen un adecuado tratamiento al terminar su vida útil, es ahí donde el reciclaje de led de las luminarias es un tema de interés para iniciar en el reciclaje de material electrónico por ello el objetivo principal de esta investigación es aplicar un estudio de factibilidad sobre el reciclaje de lámparas Leds, mediante las alternativas de control sobre el uso correcto de material electrónico para el cuidado del ambiente. Para el desarrollo de esta investigación se utilizó básicamente los leds de lámparas de iluminación dañados o quemados, juntamente con cautín, estaño, pasta de soldar y otras herramientas para la extracción y manipulación de los leds. En el desarrollo de los objetivos se utilizó un enfoque mixto entre cualitativo y cuantitativo con un análisis exploratorio al tratar de invertir el proceso de obtención de energía a través de la exposición solar de las partículas fotovoltaicos presente en los Leds. En base a esta metodología se logró obtener resultados favorables que no se esperaban, como 3,2V y 400mV en los casos más relevantes en las distintas configuraciones serie, paralelo y mixtas. Finalmente se pudo recolectar información fundamental en base a la transformación inversa de energía es decir pasar de inyectar energía y producir luz a inyectar radiación solar y obtener energía. Para investigaciones futuras se recomienda trabajar con una mayor cantidad de Leds en las distintas configuraciones y aplicar técnicas de aprovechamiento de máxima potencia como MPPT y análisis de juegos utilizados en paneles solares para optimizar la producción de energía y realizar un estudio en horas de poca producción solar para tener un estudio más profundo.

PALABRAS CLAVE: Reciclaje, Lámparas Led, Energía, Iluminación, Sostenibilidad

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Title: FEASIBILITY STUDY RECYCLING LED LAMPS AND ELECTRONIC MATERIALS

Author:

Reinoso Quinga Wellington Javier

Tutor:

Ing. Marco Aníbal León Ms.C

ABSTRACT

At present there is a large consumption of electronic material related to many areas such as power generation, storage, entertainment, lighting, etc., but these elements and devices do not have an adequate treatment at the end of their useful life, that is where the recycling of led lamps is a topic of interest to start in the recycling of electronic material, therefore the main objective of this research is to apply a feasibility study on the recycling of LED lamps, through the control alternatives on the correct use of electronic material for the care of the environment. For the development of this research, we used damaged or burned LEDs from lighting lamps, together with soldering iron, tin, soldering paste and other tools for the extraction and manipulation of the LEDs. In the development of the aims, a mixed qualitative and quantitative approach was used with an exploratory analysis when trying to investigate the process of obtaining energy through the solar exposure of the photovoltaic particles present in the LEDs. Based on this method it was possible to obtain favorable results that were not expected, reaching 3.2V and 400mV in the most relevant cases in the different series, parallel and mixed configurations. Finally, it was possible to collect fundamental information based on the inverse transformation of energy, that is, from injecting energy and producing light to injecting solar radiation and obtaining energy. For future research, it is recommended to work with a greater number of LEDs in the different configurations and to apply maximum power utilization techniques such as MPPT and analysis of the sets used in solar panels to optimize energy production and to carry out a study in hours of low solar production to have a more in-depth study.

KEYWORD: Recycling, Led lamps, Energy, Lighting, Sustainability, Lighting, Sustainability

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE ELECTRICIDAD

Nombre del estudiante: REINOSO QUINGA
WELLINGTON JAVIER

AVAL DE TRADUCCIÓN- Profesional Externo

Erika Joselyn Maroto Criollo con cédula de identidad número: 1850630656 Licenciada en: Pedagogía del idioma inglés, con número de registro de la SENESCYT No. 1020-2022-2462735; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: **“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE RECICLAJE DE LÁMPARAS LED Y MATERIAL ELECTRÓNICO”** de **Reinoso Quinga Wellington Javier**, egresados de la carrera de Ingeniería en Electricidad, perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

En virtud de lo expuesto y para constancia de lo mismo se registra la firma respectiva.

Latacunga, 21 febrero, 2025



electrónicamente por:

JOSELYN
MARTO CRIOLLO

.....
Erika Joselyn Maroto Criollo, Lic.

CI: 1850630656

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE RECICLAJE DE LÁMPARAS LED Y MATERIAL ELECTRÓNICO.

Modalidad de Titulación:

Propuestas Tecnológicas	<input checked="" type="checkbox"/>
Proyectos de Investigación	<input type="checkbox"/>

Lugar de ejecución:

No aplica

Proyecto Macro Asociado:

Desarrollo de sistemas eficientes para el abastecimiento y uso de energía eléctrica a nivel local, regional o nacional.

Equipo de trabajo:

Tutor: Ing. Marco Aníbal León Ms. C

Estudiante:

Reinoso Quinga Wellington Javier

Área de conocimiento:

07 ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0713 Electricidad y Energía.

Línea de investigación: Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sublíneas de investigación de la carrera: Conversión y uso racional de la energía eléctrica.

2. INTRODUCCIÓN

La investigación describe, sobre la importancia el uso y adecuación de la electricidad en materiales para la emisión de luz, como es el caso de las lámparas LEDS, las mismas que funcionan con una corriente continua y en las lámparas deben incluirse circuitos de forma interna con el fin de producir una corriente alterna normal [1]. Además, la generación eléctrica, ante un dispositivo o material es muy indispensable para el uso de lámparas que son utilizadas en la mayoría de los trabajos, oficinas, alumbrado entre otros, por tanto, es necesario que estos materiales lleven un control como proceso de reciclaje para evitar alguna contaminación futura [2].

Al identificar las lámparas LEDS, como instrumentos para el uso en artefactos eléctricos entre los cuales se ha logrado superar con eficiencia debido a su versatilidad y al incremento de millones de unidades como fue el caso de ENERGY START que representó el 60% de ventas en el mercado de estas luminarias que al pasar el tiempo se convierten en desechos y debido a un mal manejo de su reciclaje puede causar una contaminación ambiental [3].

Para minimizar el impacto ambiental y fomentar una economía circular, es necesario tomar en cuenta implementar estrategias de reciclaje de los LEDS pero estos tienen más dificultades para el reciclaje, en vista, que se componen por una diversidad de elementos muy pequeños, vitales para el funcionamiento de las luminarias; debido a que cada kilogramo de LEDS, contienen entre 20 – 25 mg de Itrio (Y); 8 y 12mg de Lutecio; 1 mg de Cerio; 2 mg de Europio que componen la materia prima para la elaboración de materiales eléctricos [4].

En Ecuador una de las estrategias primordiales para disminuir el proceso de contaminación ocasionado por un inadecuado manejo de reciclaje de las LEDS, está a cargo de las empresas calificadoras de residuos peligrosos que hacen cumplir con las exigentes leyes de gestión ambiental. Por otra parte, los elementos eléctricos son piezas esenciales de un circuito, estos elementos, usualmente encapsulados en materiales como plástico, metal o cerámica poseen terminales metálicas que permiten una conexión entre sí o a una placa de circuitos, su función comprende facilitar el flujo de electricidad y realizar operaciones específicas dentro del circuito [5].

El Ecuador cuenta con un marco normativo para la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en función de la aplicación del principio de responsabilidad extendida del productor, que comprende dos etapas, la primera corresponde a la emisión de la “Política Nacional de Aplicación de Responsabilidad Extendida de Importadores de Equipos Eléctricos

y Electrónicos en Desuso Postconsumo” en 2013 ; la segunda marca su inicio a partir de la vigencia de Código Orgánico del Ambiente en 2017 y se fortalece con la expedición de la Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva en 2021 [6].

2.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El crecimiento exponencial de la tecnología ha conllevado al aumento en la producción y consumo de equipos electrónicos, material electrónico y lámparas Led, este fenómeno, impulsador del progreso económico mundial, produce un gran problema ambiental, con la acumulación de desechos electrónicos. A escala mundial, la gestión inadecuada de este tipo de residuos encarna una amenaza para la salud pública y el entorno, gracias a la presencia de componentes tóxicos como mercurio, cadmio y plomo. El reciclaje, emerge como una estrategia esencial para reducir de alguna manera estos impactos negativos y estimular la sostenibilidad ambiental.

En Ecuador, el manejo de residuos eléctricos tiene ciertos desafíos significativos que, aunque existen esfuerzos gubernamentales y apoyo de empresas privadas, las tasas de reciclaje son mínimas en contraste con otros países de la región. La infraestructura necesaria para el tratamiento de material eléctrico, específicamente de las lámparas led es limitada, reduciendo su capacidad a la recuperación de metales, lo que produce a que una gran cantidad de estos residuos terminen en vertederos o peor aún sean gestionados de manera informal, aumentando el riesgo para la salud humana y la contaminación ambiental. Si bien existen normativas ecuatorianas que buscan promover la economía circular y gestión responsable de desechos electrónicos, la falta de conocimiento y escasez de recursos son factores que impiden una implementación efectiva de una cadena de reciclaje.

A nivel regional, en la provincia de Cotopaxi, en especial su capital, Latacunga, no se escapa de esta problemática, la producción de equipos electrónicos que cuentan con obsolescencia programada ha generado un aumento en la cantidad de desechos electrónicos, sin que exista un sistema estricto y eficiente para su recolección, tratamiento y reciclaje. En la ciudad existen empresas y organizaciones que se dedican a la gestión de residuos, pero su capacidad para manejar el constante crecimiento de residuos electrónicos y otros materiales es limitada y esto se ve agravado por la ausencia de políticas locales, produciendo un impacto negativo en la calidad del agua, suelo y aire de la ciudad.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera se puede evaluar la factibilidad del reciclaje de lámparas y pantallas LEDS, mediante las alternativas de control sobre el uso correcto de materiales electrónicos para el cuidado del ambiente?

2.3 OBJETO DE CAMPO Y ACCIÓN

El objeto de estudio es la factibilidad de reciclaje de lámparas y pantallas led.

El campo de acción para el proyecto: 330000 ciencias Tecnológicas / 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 330604 Iluminación Eléctrica.

2.4 BENEFICIARIOS

2.4.1 Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos conforman el grupo de postulantes.

2.4.2 Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos son estudiantes, profesionales de carreras afines, y actores públicos y privados del sector eléctrico.

2.5 JUSTIFICACIÓN

Frente a la urgencia de abordar la presente crisis ambiental, esta investigación se enfoca en comprender las raíces de la contaminación ambiental y el calentamiento global. Al reconocer las conductas y prácticas humanas que favorecen a estos problemas, se pretende explorar posibles soluciones y promover la adopción de medidas que permitan restituir la tendencia actual y construir un futuro más sostenible.

La iluminación mediante la implementación de tecnología Led ha experimentado un notable crecimiento en los últimos años, la eficiencia luminosa casi ha duplicado a las luminarias tradicionales, y pasó de 50 a cerca de 100 lúmenes por vatio, mientras que, desde el 2019 su precio se ha reducido en un 80%. Esta tendencia baja en costos y con una eficiencia alta ha impulsado una penetración del 60% en el mercado mundial de iluminación para 2020.

La incesante evolución de la tecnología Led, amparada por la constante inversión en investigaciones, podría conllevar a una penetración más intensa en el mercado. De acuerdo con proyecciones optimistas, el empleo de luminarias led implicaría un ahorro energético de 395TWh anuales para 2030, equivalente a una reducción del 60% en el consumo eléctrico en comparación con los sistemas de iluminación tradicionales.

Por tal motivo, el propósito de esta investigación es incentivar al reciclaje del material electrónico que cumplió su vida útil o presenta averías en su funcionamiento, proponiendo un ejemplo práctico de la reutilización de los leds que contienen los focos o lámparas de iluminación para generar energía eléctrica, mediante el efecto fotoeléctrico presente en los leds la captación de radiación solar.

2.6 OBJETIVOS

2.6.1 Objetivo General

Evaluar la factibilidad del reciclaje de lámparas y pantallas LED, analizando alternativas de gestión responsable para el aprovechamiento de materiales electrónicos, contribuyendo al cuidado ambiental.

2.6.2 Objetivos Específicos

- Fundamentar teóricamente los principios de la gestión del reciclaje, aplicando al uso de materiales de lámparas LEDS y su impacto en el medio ambiente.
- Investigar las prácticas actuales de reciclaje y aprovechamiento de materiales provenientes de los RAEE, evaluando sus beneficios y limitaciones, con la metodología de reciclaje para la tecnología LED.
- Diseñar un prototipo de celda solar que utiliza lámparas y pantallas LED para la generación de energía, promoviendo así la reutilización de materiales electrónicos.

2.6.3 Sistema de tareas

Tabla 1. Sistema de tareas

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Fundamentar teóricamente los principios de la gestión del reciclaje, aplicando al uso de materiales de lámparas LEDS y su impacto en el medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> - Investigación bibliográfica sobre los principios de la gestión del reciclaje y su aplicación en residuos electrónicos (RAEE). - Análisis de 	<ul style="list-style-type: none"> - Antecedentes del trabajo de titulación. - Información resultante del proceso de investigación para una mejor 	<ul style="list-style-type: none"> - Bibliografía relacionada con al proceso de reciclaje de lámparas led. - Análisis de documentos técnicos, fichas

	componentes de las lámparas LED y su impacto ambiental.	compresión del reciclaje de lamparas led.	de seguridad de materiales.
Investigar las prácticas actuales de reciclaje y aprovechamiento de materiales provenientes de los RAEE, evaluando sus beneficios y limitaciones, con la metodología de reciclaje para la tecnología LED	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de métodos de reciclaje de lámparas LED y otros RAEE. - Análisis de los beneficios y limitaciones del reciclaje de LED. 	<ul style="list-style-type: none"> - Listado y comparación de métodos de reciclaje actuales. - Informe sobre nuevas tendencias en reciclaje de materiales electrónicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de literatura científica, informes técnicos. - Revisión de patentes, artículos científicos recientes.
Diseñar un prototipo de celda solar que utiliza lámparas y pantallas LED para la generación de energía, promoviendo así la reutilización de materiales electrónicos.	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño del prototipo de celda solar con componentes LED reciclados - Construcción y prueba del prototipo de celda solar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Esquema y modelo funcional de celda solar.. - Prototipo funcional que demuestre conversión de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pruebas experimentales, Materiales reciclados, herramientas electrónicas - Redacción académica, presentación de resultados.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1 ANTECEDENTES

3.1.1 Nacional

El estudio presentado en [7], muestra el reciclaje de los componentes eléctricos desde un punto de vista global, nacional y local, el cual resalta la necesidad de la creación y adopción de políticas y normativas mundiales en el contexto ecuatoriano, en este estudio, el autor examina la participación de organizaciones y personas relacionadas con el reciclaje, infraestructuras de reciclaje y disposición final de los RAEE en Ecuador. Este estudio, además, se enfoca en la falta de conciencia ambiental y las barreras que se deben superar para lograr el reciclado de estos componentes, para lograr este objetivo se emplea un análisis cualitativo y cuantitativo para mejorar la gestión de los residuos electrónicos. Como parte de sus resultados se menciona que en Ecuador el método de reciclaje más común consiste en un tratamiento mecánico para obtener concentrados metálicos que tienen la capacidad de ser reutilizados, ayudado por la solvólisis que consiste en usar disolventes para asegurar una mayor concentración de estos metales. El autor concluye su estudio al mencionar que no existen campañas de gran impacto relacionadas a reutilizar los RAEE, y las empresas dedicadas al reciclaje se enfocan, en su mayoría, en recuperar los metales para convertirlos en materia prima para la elaboración de otros productos, y gran parte de esto se debe a la gran cantidad de recicladoras informales que operan sin regulaciones.

Por su parte Cárdenas [8], propone un programa de reciclaje de material electrónico dentro de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, con el objetivo de conservar el ambiente, fomentar la economía circular, y generar ingresos para esta universidad y las personas que ayuden con esta campaña, para ello, el autor propone que la recolección se ejecute dentro de la universidad, en lugares específicos de la ciudad y provincia y de ser necesario recogida a domicilio, sin embargo y en relación con lo mostrado en [7], solo se enfoca en la campaña de recolección y su posterior venta a centros de reciclaje que se encargarán de recuperar metales, sin enfocar sus esfuerzos en reutilizar esos materiales en otros productos, consciente de ello, el autor recomienda que se debe establecer alianzas estratégicas con organizaciones y entidades especializadas en la gestión responsable de materiales electrónicos para compartir recursos y conocimientos para gestionar de mejor manera los RAEE.

3.1.2 Regional

El trabajo investigativo mostrado en [9], se enfoca en determinar la viabilidad de la creación de una empresa que se dedique a la gestión de RAEE, al investigar el marco legal vigente en el país y mediante un análisis bibliográfico el autor busca las mejores prácticas en la gestión de los RAEE. Esta publicación también incorpora un estudio de mercado, para recopilar

información acerca de la cantidad de RAEE generados en la ciudad, empresas existentes dedicadas al reciclaje y la demanda por servicios de reciclaje. Además, se presenta una metodología para el reciclaje de residuos electrónicos, maquinaria requerida y la zona en la que se puede construir la planta recicladora sin afectar a la comunidad y el ambiente. Finalmente realiza un análisis económico que conlleva la construcción de esta empresa, incluyendo costos operativos y posibles ingresos por la venta del material reciclado, y muestra así una perspectiva a futuro sobre la viabilidad de este tipo de proyectos.

En base a lo presentado en [9], se determinó que la viabilidad económica de un proyecto dedicado al reciclaje de residuos electrónicos es factible, por ello, en la misma ciudad el gobierno municipal encabezado por la Empresa Pública Municipal de Aseo se propuso la construcción de una planta para la gestión de RAEE [10], diseñada para procesar cerca de 120 toneladas anuales al incorporar actividades de reacondicionamiento, desensamble y reciclaje, para mantener el valor económico y ambiental del material eléctrico, y resalta que esta planta no funcionará como espacio de almacenamiento de residuos, por lo tanto, todo residuo será tratado de tal manera que se aproveche al 100% el material, sin incorporar tratamientos con materiales tóxicos ni radioactivos, por ello es esencial la campaña de concientización desarrollada junto a la Universidad de Cuenca previo a la etapa de recolección sobre el tipo de material que se puede reciclar en esta planta. Con un enfoque integral hacia la economía circular esta planta busca ser líder a nivel regional en la gestión de los RAEE.

3.1.3 Local

Dentro del ámbito local el trabajo investigativo desarrollado en [11], indaga la consumación de un plan de gestión sostenible para empresas de reciclaje en la provincia de Cotopaxi, Ecuador. Este estudio abarca la necesidad de reciclar elementos electrónicos debido a la contaminación ambiental derivada de actividades humanas, sin embargo las plantas existentes operan de forma inadecuada, por lo tanto este estudio se enfoca en la necesidad de implementar un plan de gestión centrándose en la tecnificación y automatización de las técnicas de reciclaje, para ello el autor empleo una metodología mixta para desarrollar una estrategia para una gestión sostenible de residuos, al añadir encuestas y entrevistas que permitan recopilar información acerca del funcionamiento de estas plantas y la opinión de usuarios y personas que habitan en los alrededores. Al finalizar el estudio el autor menciona que se alcanzó una tecnificación y automatización del reciclaje, al aumentar la cantidad de RAEE reciclados, consiguiendo un beneficio económico de un 30% cada mes. Este estudio demuestra que, si bien existen plantas

recicladoras en la ciudad, una gestión adecuada de los residuos, acompañada de una tecnificación y automatización puede mejorar la economía para las personas encargadas del reciclaje y mejora la conservación ambiental.

3.2 CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL RECICLAJE

3.2.1 Reciclaje

El reciclaje es un proceso elemental en la gestión de residuos que involucra la acogida, procesamiento y transformación de elementos desechados en otros productos, este proceso además de minimizar la cantidad de desechos que terminan en los sitios de disposición final busca impactar significativamente a la gestión sostenible de recursos y minimizar la contaminación ambiental, pues a medida que la población mundial incrementa, el consumo de bienes y sus residuos lo hacen a la par, y provoca que el reciclaje sea una estrategia esencial para combatir el desafío de la disposición final de estos residuos [12].

Un aspecto muy importante del reciclaje es que puede conservar recursos naturales, ya que, al reciclar papel, vidrio, plástico se minimiza los requerimientos de extraer materias primas y transformarlas, un ejemplo de ello es el reciclaje de papel, proceso por el cual se reduce el volumen de agua y consumo energético que se usa normalmente en el proceso a partir de pulpa virgen, lo mismo sucede en el reciclaje de metales reduciendo hasta un 95% de la energía requerida para obtener metales desde el mineral que lo contiene [13].

3.2.2 Tipos de reciclaje

Existen diversos tipos de reciclaje, cada uno de ellos enfocados en un fin específico que responde a la reutilización de los componentes del elemento a reciclar, entre ellos se tiene:

- Reciclaje de papel y cartón

Este tipo de reciclaje envuelve la acogida y transformación de productos de papel y cartón, como cajas, periódico, cuadernos y hojas de oficina. Este proceso usualmente envuelve la descomposición del papel en pulpa, que luego se emplea para fabricar nuevos productos de papel. Este reciclaje es esencial para minimizar la tala de árboles y acortar el consumo de agua y energía [14].

- Reciclaje de plásticos

El reciclaje de plásticos engloba una amplia gama de bienes, conteniendo botellas, envases y bolsas. Los plásticos reciclables se encasillan de acuerdo con su tipo (por

ejemplo, PET, HDPE) y se procesan para crear nuevos bienes o materias primas. Este tipo de reciclaje es fundamental gracias al volumen abrumador de desechos plásticos que provoca dificultades ambientales importantes [14].

- Reciclaje de vidrio.

El vidrio es un material altamente reciclable que puede ser reutilizado perpetuamente sin perder calidad. El reciclaje de vidrio implica recolectar botellas, frascos, ventanas y esencialmente cualquier tipo de elemento que contenga vidrios, incluyendo el vidrio de las lámparas led, a este vidrio se le aplica un proceso de limpieza y de los tritura para posteriormente crear nuevos productos de vidrio. Este proceso es eficiente y ayuda a reducir el uso de recursos naturales como arena y soda [14].

- Reciclaje electrónico

El reciclaje de dispositivos electrónicos desechados, como ordenadores, celulares, tablets, electrodomésticos y otros es esencial para manejar los residuos electrónicos conocidos como *e-Waste*, que pueden contener materiales peligrosos como metales pesados. El reciclaje electrónico permite recuperar valiosos materiales como oro, plata y cobre [15].

3.3 Lámparas led

Los diodos led o comúnmente llamados led son dispositivos semiconductores que transmiten radiación electromagnética en diferentes fuentes se salida que va desde luz infrarroja hasta ultravioleta, el led viene del acrónimo en inglés de *Light Emitting Diodes* que significa diodo emisor de luz [16].

3.3.1 Eficiencia Energética de las lámparas led

Los Led son una tecnología eficiente de emisión de luz respecto a pasada forma de iluminar los ambientes que a más de contaminar su efecto secundario era la producción de calor, por tal motivo las lámparas Led son hasta un 80% más eficientes energéticamente que las bombillas incandescentes tradicionales, Las lámparas LED modernas alcanzan valores entre 80 y 150 lm/W, versus bombillas incandescentes y fluorescentes con una luminosidad de 15 lm/W, y 50-70 lm/W respectivamente.

Una característica principal de leds es que convierten casi toda la energía eléctrica en luz con muy pocas pérdidas por calor y emiten luz en una dirección específica, reduciendo la pérdida de luz en zonas no deseadas con la particularidad de que no requieren reflectores ni difusores adicionales [17].

3.3.2 Durabilidad

Generalmente los leds tienen una larga vida útil de entre 15,000 y 50,000 horas, además resisten mejor los golpes y vibraciones que otras tecnologías. En condiciones ideales pueden llegar a durar 100,000 horas. Si se los utiliza 8 horas al día, en años pueden llegar a durar de entre 5 a 17 años. La siguiente tabla ofrece una comparativa entre la vida útil de varias tecnologías de iluminación [18].

Tabla 2. Vida útil de luminarias expresadas en horas.

Tipo de Bombilla	Vida Útil Promedio
Bombilla Incandescente	~1,000 horas
Bombilla Halógena	~2,000 horas
Fluorescente Compacta	~8,000 a 10,000 horas
LED	~15,000 a 50,000 horas

3.3.3 Tipos de iluminación led

Existe varios tonos y temperaturas de luz led determinada en Kelvin

- Blanco cálido (2,700K - 3,000K): Luz amarilla
- Blanco neutro (3,500K - 4,500K): Luz natural
- Blanco frío (5,000K - 6,500K): Luz brillante.
- RGB que es la mezcla de rojo, verde y azul para crear múltiples colores [19].

3.3.4 Diseño y aplicaciones

Las lámparas led ofrecen una amplia gama de formas, dimensiones y estilos, gracias a su eficiencia energética y larga vida útil, y sobre todo a su robustez, pues son más resistentes a golpes y vibraciones, convirtiéndolas en una opción para cualquier tipo de proyectos.

Dentro las aplicaciones, las lámparas led se utilizan en iluminación de residencias, como iluminación empotrada, luces decorativas, lámparas de escritorio y otras, ofreciendo opciones variadas para cualquier necesidad y requerimiento de iluminación.

En lo concerniente a la iluminación en espacios comerciales como tiendas u oficinas, las lámparas led ayudan a mitigar en cierta manera los costos de energía y mantenimiento, y suministra una iluminación adecuada, eficiente y sobre todo duradera. En el contexto industrial

este tipo de lámparas ofrecen una iluminación duradera que logra mejorar la seguridad y eficiencia operativa.

En cuanto a la iluminación pública las farolas y señalética Led mejora la visibilidad en calles y ciudades debido al bajo requerimiento de mantenimiento. Otra aplicación de las lámparas led fuera de lo convencional y que ha ganado adeptos es en el ámbito de la personalización, al permitir crear espacios personalizados al usar colores variados de acuerdo con el gusto de cada persona [19].

3.4 Reciclaje de lámparas led

Las lámparas LED populares por su eficiencia energética y vida útil larga, están construidas con materiales que pueden ser nocivos para el ambiente si no se gestionan apropiadamente una vez que haya cumplido su ciclo de vida. El reciclaje de estos materiales es un proceso fundamental por estas razones:

- Reducción de residuos

Este tipo de lámparas tienen una vida útil promedio de 25 000 horas, lo que se traduce a una vida útil relativamente corta, al necesitar nuevas lámparas cada cierto tiempo, lo que significa que la eliminación adecuada de las lámparas obsoletas necesita un proceso adecuado para reducir significativamente la cantidad de residuos generados.

- Recuperación de materiales

Las lámparas LED contienen metales valiosos como el cobre y el aluminio, así como materiales como el vidrio y plásticos que pueden ser reciclados

- Prevención de contaminación

Algunos componentes de las lámparas LED, como los fósforos y ciertos tipos de circuitos electrónicos, pueden liberar sustancias tóxicas si se desechan incorrectamente [20].

3.4.1 Proceso de reciclaje de lámparas led



Ilustración 1. Proceso de reciclaje de lámparas led.

La primera etapa del reciclaje es la recolección de las lámparas LED usadas, las cuales deben ser llevadas a puntos de recolección específicos, que pueden incluir centros de reciclaje, esencial que los consumidores estén informados sobre estos puntos de recolección para asegurar que las lámparas no terminen en vertederos, donde podrían liberar sustancias tóxicas.

Una vez recolectadas, las lámparas pasan a la fase de desmontaje, en instalaciones especializadas, se procede a abrir las lámparas para separar sus componentes. Este proceso puede ser manual o automatizado y requiere cuidado para evitar la ruptura de partes frágiles, como el vidrio, durante el desmontaje, se extraen diversos elementos, incluyendo los circuitos electrónicos, los difusores de luz y el casquillo.

Después del desmontaje, se lleva a cabo la clasificación de los materiales. Los componentes extraídos se agrupan en diferentes categorías: metales como el aluminio y el cobre, plásticos, vidrio y otros materiales electrónicos, esta clasificación es esencial porque cada tipo de material tiene un proceso de reciclaje diferente y específico.

Finalmente, en la etapa de reciclaje, los materiales clasificados son procesados para ser reutilizados en la fabricación de nuevos productos. Los metales recuperados pueden ser utilizados en la producción de nuevos dispositivos electrónicos o en la construcción, mientras que los plásticos y el vidrio pueden ser transformados en nuevos envases o productos industriales. Al cerrar este ciclo se perfecciona el uso de recursos naturales y se reduce la generación de residuos destinados a vertederos [20].

3.4.2 Campañas de reciclaje de lámparas led

Las campañas de reciclaje de lámparas Led constituyen iniciativas importantes para minimizar el impacto ambiental de los componentes de las lámparas, estas campañas enfatizan la importancia de la reducción de residuos peligrosos, recuperación de materiales valiosos y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. En síntesis, las campañas se enfocan en 5 puntos clave para cumplir estos objetivos

1. Recolección.

2. Categorización.
3. Desarme.
4. Procesamiento.
5. Reutilización.

En Ecuador el gobierno nacional a través del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica emitió un “Acuerdo Ministerial de un Instructivo para la aplicación de la Responsabilidad Extendida del Productor en la gestión integral de lámparas de descarga y lámparas led en desuso”, con el objetivo de motivar la creación de campañas de reciclaje, y enfatizar en la recolección de 3 toneladas [21].

3.4.3 Beneficios del reciclaje de lámparas led

Como se mencionó en el apartado anterior, el reciclaje de las lámparas Led constituyen una práctica esencial para la sostenibilidad y cuidado ambiental, pues al reciclarlas se reduce considerablemente la cantidad de desechos que terminan en basureros, a la par reduce la necesidad de crear nuevos espacios destinados a funcionar como vertederos. También permite la recuperación de materiales considerados valiosos como el vidrio y componentes electrónicos, que pueden ser empleados en la construcción de nuevos productos. Esto no solo permite conservar recursos naturales, también reduce la necesidad de extraer y procesar nuevas materias primas, actividades que son muy perjudiciales al ambiente [22].

Otro beneficio del reciclaje de las lámparas Led, es la prevención de la contaminación, si bien este tipo de luminarias no contiene Mercurio como las fluorescentes, tienen materiales especiales que, al no gestionarse adecuadamente pueden ser dañinos a la salud humana y al ambiente. El reciclaje asegura que este tipo de materiales tengan un tratamiento seguro al evitar la liberación de sustancias tóxicas al agua, suelo y aire, de esta manera se protege su calidad, se preserva ecosistemas y minimiza el riesgo de exposición a sustancias tóxicas para la vida silvestre y comunidades cercanas a los vertederos [23].

El reciclaje de lámparas Led también contribuye de alguna manera al ahorro de energía y reducción de emisiones de gases nocivos como los óxidos de nitrógeno, azufre, y carbono, gases responsables del efecto invernadero. La elaboración de nuevos materiales a partir de materias primas recicladas necesita una menor cantidad de energía que la producción a partir de materias primas vírgenes [22].

3.4.4 Inconvenientes en el reciclaje de lámparas led

El reciclaje de las lámparas Led presentan inconvenientes relacionados a su composición y la ausencia de sistemas y metodologías de reciclaje eficiente, además de:

1. Diversidad de materiales
2. Tamaño de los componentes
3. Presencia de sustancias peligrosas como metales pesados
4. Dificultad para la recuperación de materiales como aluminio y cobre
5. Pérdida de los componentes recuperados
6. Costos del reciclaje
7. Costos de recuperación de los materiales
8. Costo de la transformación de los materiales recuperados en materia prima para otra elaboración.
9. Falta de infraestructura
10. Falta de conciencia
11. Desafíos regulatorios

3.5 Métodos de recolección de aparatos eléctricos y lámparas led

A nivel mundial la recolección de aparatos eléctricos y lámparas led se basan en varios enfoques que buscan facilitar el reciclaje de estos residuos, usualmente este tipo de recolección se da a lugar en tiendas electrónicas, establecimientos de reciclaje o zonas conocidas como puntos limpios, en los cuales la comunidad puede acercarse a depositar sus residuos electrónicos [24].

Además, se organizan eventos comunitarios para la recolección de este tipo de residuos, con el objetivo de que los ciudadanos se deshagan de sus equipos electrónicos viejos. Sumado a ello fabricantes de los equipos electrónicos ofrecen programas que consisten en la devolución de aparatos electrónicos viejos para obtener descuentos en productos nuevos o algún tipo de reconocimiento económico por ello [24].

Un ejemplo de lo mencionado anteriormente es el proceso de reciclaje realizado por la empresa española ECOLEC [25], empresa que adopta cada una de las opciones mencionadas para la recolección de los materiales eléctricos incluyendo lámparas led, esa empresa enfatiza la necesidad de controlar esta recolección en función a la normativa vigente en España. Posteriormente se almacena los residuos para un posterior pesado y tratamiento previo que consiste en incrementar el porcentaje de los materiales a recuperar separando los materiales que no puedan ser recuperados. En la etapa de tratamiento se ven operaciones como el cizallado

o la fragmentación de los aparatos, para finalmente separar en diferentes porciones de los materiales contenidos en los aparatos desechados, algunas fracciones pueden ser recuperadas directamente, por ejemplo, en fundiciones o plantas de reciclado de plásticos, vidrios y metales.

En síntesis, el proceso de reciclado de materiales electrónicos a nivel mundial tiene un esquema básico, desarrollado con el fin de obtener la mayor cantidad de elementos a recuperar y minimizar los desechos que ya pueden ser recuperados, partiendo por el transporte y recogida, recepción del material, almacenaje, pesado, tratamiento previo, tratamiento, y tratamiento final. El punto en común entre los países que adoptan este sistema es que al final del reciclado las empresas no transforman los elementos recuperados, más bien, son vendidas a terceras para la elaboración de nuevos productos.

Por su parte en Ecuador se ha implementado políticas nacionales para una gestión adecuada de los RAEE, la cual incluye el fortalecimiento de iniciativas nacionales y perfeccionamiento de la cooperación nacional para el manejo de estos residuos el Acuerdo Ministerial de un Instructivo para la aplicación de la Responsabilidad Extendida del Productor en la gestión integral de lámparas de descarga y lámparas led en desuso [21], obliga de cierta manera a las empresas productoras de este tipo material electrónico a recolectar sus productos que ya terminaron su vida útil, para promover el adecuado manejo de los residuos o desechos de este tipo de productos en el país, evitando el uso innecesario de materias primas vírgenes.

Una empresa quiteña, ReciTec [26], se centra en el desarrollo de la economía circular al transformar los residuos electrónicos en plata para joyería y materia prima para bloques de construcción, aprovechando al 100% cada uno de los componentes del material eléctrico, esta empresa, única en Latinoamérica tiene un proceso de reciclaje similar al mostrado anteriormente empezando por la recolección de los residuos eléctricos en puntos específicos de la ciudad de Quito la siguiente etapa consiste en la separación de metales como aluminio, hierro y cobre, una vez separados, la siguiente etapa consiste en la trituración de estos desechos para convertirlos en polvo, para luego de una mezcla química recuperar plata para su posterior conversión en joyería, con el residuo restante, se fabrican bloques para la construcción.

En el ámbito local, la empresa recicladora Grúmeri [11], enfocada en la recolección de todo tipo de desechos, presenta una alternativa al proceso común de la recuperación de material electrónico, pues no se centra específicamente en este tipo de elementos, en realidad recicla cartón, vidrio, plástico, chatarra y una porción muy pequeña de material electrónico, por lo

tanto, su proceso involucra la recuperación de todo tipo de material en una sola etapa, el proceso se muestra en la ilustración 2, que tiene relación al proceso realizado a nivel mundial.

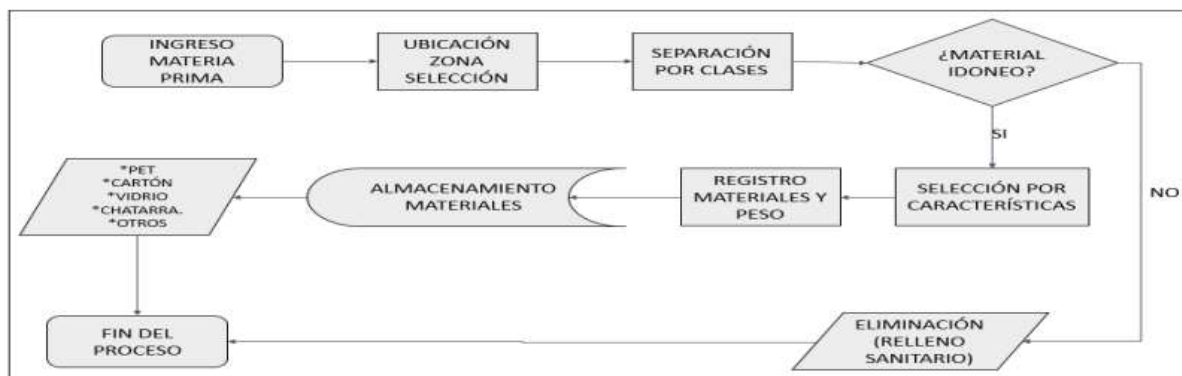


Ilustración 2. Diagrama de procesos reciclados [11].

3.6 Aplicación del principio de jerarquización en la gestión integral de RAEE

La gestión integral de los RAEE ha considerado el principio de jerarquización (Ver figura 4), como una herramienta, mediante la cual el productor de AEE debe priorizar la prevención y minimización de la generación de RAEE en la fuente, el aprovechamiento o valorización, la eliminación y la disposición final, para de esta manera evitar que se descarten los RAEE inadecuadamente por parte del usuario, y prevenir la generación de RAEE [6].

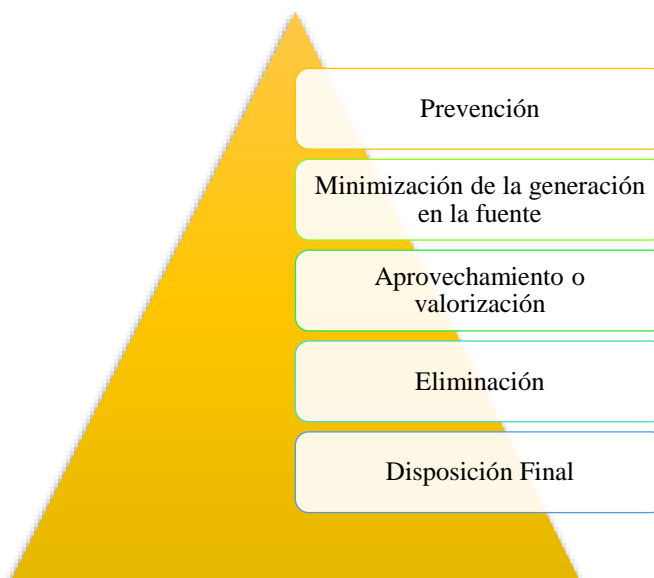



Ilustración 3. Principio de jerarquización y gestión integral de los RAEE [6].

3.7 Fases de gestión de RAEE

Tabla 3. Tabla de gestión de RAEE [27].

La gestión de los RAEE se divide en varias fases
--

<p>Generación</p>	<p>Se refiere a la generación de residuos y/o desechos a partir del uso o consumo de AEE. Estos deben ser recolectados y gestionados por el productor, quien pasa a ser considerado como generador indirecto de RAEE al ser el poseedor de estos, toda vez que son devueltos por los consumidores o usuarios finales, a través de los mecanismos disponibles para su entrega al productor.</p>	
<p>Recolección primaria</p>	<p>Consiste en la entrega de los RAEE por parte de los usuarios finales en los puntos de recolección primaria determinados e implementados por el productor</p>	
<p>Almacenamiento</p>	<p>Toda operación conducente al depósito transitorio de los RAEE recolectados por el productor o quien actúe en su nombre, en los centros de almacenamiento temporal, bajo condiciones que aseguren la protección al ambiente y a la salud humana. Los RAEE se</p>	

	deberán almacenar debidamente rotulados, marcados o etiquetados, en lugares que no pongan en riesgo su posterior eliminación o disposición final.	
Transporte	Cualquier movimiento de RAEE recolectado por el productor o quien actúe en su nombre, a través de un medio de transportación para la fase de gestión correspondiente. Cada vehículo utilizado debe contar con la autorización administrativa ambiental correspondiente, garantizando así que el proceso de transporte cumple con todos los requisitos legales y ambientales establecidos.	

3.8 Pantallas LED



Los diodos emisores de luz son pequeños semiconductores que emiten luz visible cuando una corriente eléctrica las atraviesa. Los LED suelen ser más eficientes y duraderos que la iluminación tradicional. Los monitores LED, proporcionan la luz de fondo y por ello, ofrecen un mejor control de la luz y una mayor eficiencia, al igual que pueden controlar los LED individualmente [28].


Las pantallas LED son displays digitales que utilizan tecnología de diodos emisores de luz para proyectar imágenes y vídeos. Estas pantallas están formadas por millones de diodos LED individuales, que emiten una variedad de colores para crear una imagen completa y tienen una variedad de aplicaciones, incluyendo la publicidad, el entretenimiento y la señalización.

Además, son conocidas por su alta luminosidad, nitidez y durabilidad, y por su capacidad para mostrar imágenes y vídeos en alta definición. Existen distintos tipos de pantallas LED en la que las podemos segmentar en dos direcciones: Según su formato y según sus características [29].

Entre sus usos las pantallas LED, es que ofrecen un excelente contraste porque mejora la elegibilidad y claridad de las imágenes por sus diferentes colores, obteniendo así ángulos de visión porque permite que la información sea visible desde diferentes posiciones, dentro de su diseño permiten una configuración personalizada que facilita la creación de video walls de diferentes tamaños y formas, por tanto, se pueden encontrar en los siguientes dispositivos electrónicos.

Tabla 4. Dispositivos electrónicos.

Dispositivos Electrónicos	Descripción	Ilustración
Pantallas Led de TV	La ventaja más directa en el uso de luces LEDs para retroiluminar los paneles de televisores LCD es el menor consumo de este tipo de diodos. Son así equipos más eficientes	
Pantallas LED de Teléfonos	En las pantallas LED, los diodos emisores de luz se colocan detrás del panel de cristal líquido, proporcionando la iluminación necesaria para que los píxeles muestren imágenes y texto.	

<p>Pantallas Led de computadoras</p>	<p>La pantalla LED se compone de una serie de unidades de visualización (placa de visualización de la unidad) que se pueden combinar y empalmar para formar el cuerpo de la pantalla, además de un conjunto de controladores o sistema de control.</p>	
---	--	--

3.9 Celda Solar

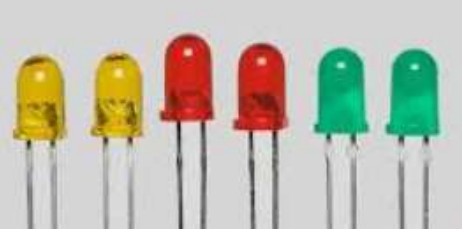
Las celdas fotovoltaicas son dispositivos formados por metales sensibles a la luz que desprenden electrones cuando los rayos de luz inciden sobre ellos, generando energía eléctrica. Están formados por celdas hechas a base de silicio puro con adición de impurezas de ciertos elementos químicos, siendo capaces de generar cada una de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0.46 a 0.48 Voltios [30].

3.10 Panel Solar

El módulo fotovoltaico, es el elemento que se comercializa. A la vez, estos módulos se conectan en serie o en paralelo para obtener las tensiones y corrientes que den la potencia deseada. Los módulos en serie aumentan el voltaje y conservan la misma corriente, mientras que los módulos en paralelo aumentan la corriente, conservando el mismo voltaje. Los módulos generalmente se fabrican para tener una salida de 12 VCD [31].

3.11 Materiales e Instrumentos

Tabla 5. Materiales.

Materiales	Descripción	Ilustración
<p>Leds</p>	<p>Los diodos emisores de luz por sus siglas en ingles son elemento que convierten la corriente eléctrica en emisiones de luz.</p>	

Cautín	El cautín es un dispositivo que transforma la corriente en calor y la direcciona en un punto específico, este instrumento y utiliza para soldar componentes electrónicos ya sea a una placa o a distintos elementos.	
Pasta de Soldar	La pasta es una sustancia que ayuda a la adherencia del estaño a los elementos que se van a soldar, al eliminar impurezas o pequeñas partículas que impiden un buen contacto.	
Estaño	Es un elemento metálico moldeable a temperatura no muy elevada, es la base principal para las soldaduras al pasar de solido a forma líquida.	
Multímetro	Es un dispositivo que mide entre varias magnitudes electro físicas como voltaje, amperaje, resistencia, conductividad, entre otras	

4. HIPÓTESIS

Es viable implementar un prototipo para generar energía eléctrica proveniente del sol, mediante el reciclaje de material electrónico de lámparas y pantallas led, para la gestión de residuos.

5. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

5.1 Metodología

Esta investigación se abordará desde un enfoque mixto, al combinar elementos cualitativos y cuantitativos para lograr una comprensión integral del problema del reciclaje de lámparas LED y material electrónico.

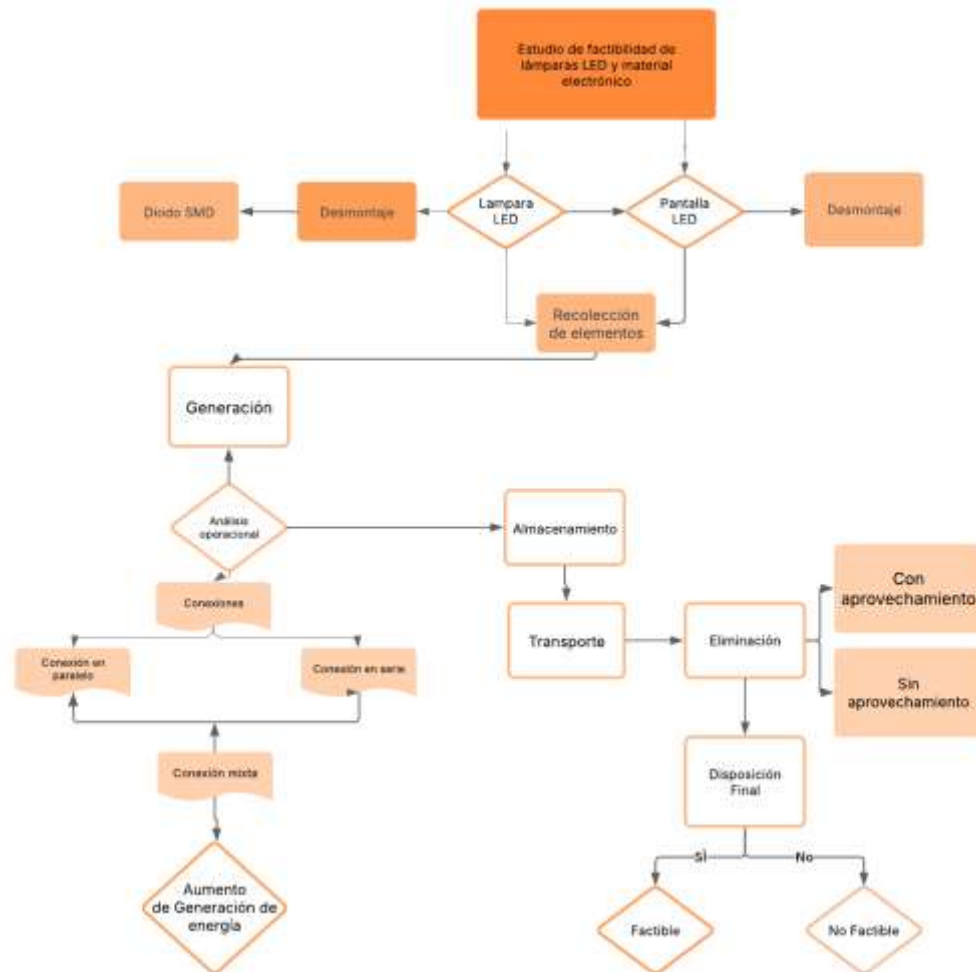


Figura 1. Proceso de estudio de factibilidad de lámparas y pantallas led.

Fase Cualitativa: Se centrará en la recopilación y análisis de información teórica sobre la gestión de residuos electrónicos (RAEE), el impacto ambiental de los materiales de lámparas LED y las prácticas actuales de reciclaje. Esto se logrará a través de una revisión exhaustiva de literatura científica, artículos especializados, informes técnicos y normativas relacionadas.

Fase Cuantitativa: Se enfocará en el diseño e implementación de un prototipo de panel solar al utilizar lámparas LED recicladas. Se recopilarán datos sobre el rendimiento del prototipo, la eficiencia energética y la viabilidad técnica del uso de materiales reciclados en este tipo de aplicaciones.

5.2 Descripción del prototipo caso 1

La investigación tiene como finalidad reutilizar focos de tipo bombillas o cualquier lámpara que no sea incandescente y utilice leds especialmente los smd, a continuación, se presenta los pasos para el desarrollo.

5.2.1 Adquisición de los elementos

Los elementos utilizados en el proyecto son diodos Led de lámparas y diodos comerciales de varios colores.



Ilustración 4. Lámparas led.

5.2.2 Desmontaje de las piezas

En esta sección se procede al desmontaje de los diodos de la placa térmica ubicada al interior de los focos.

Esta sección es de difícil acceso ya que se encuentra adherida con pegamento y pasta térmica para evitar calores no requeridos, además sirve de aislante entre la corriente alterna y continua.



Ilustración 5. Led SMD.

5.2.3 Análisis operacional

Para proceder con el desarrollo se planea realizar una configuración en serie y paralelo de los diodos led y probar si se consigue aumentar la intensidad o el amperaje dependiendo de las configuraciones mencionadas y sus combinaciones entre ellas.

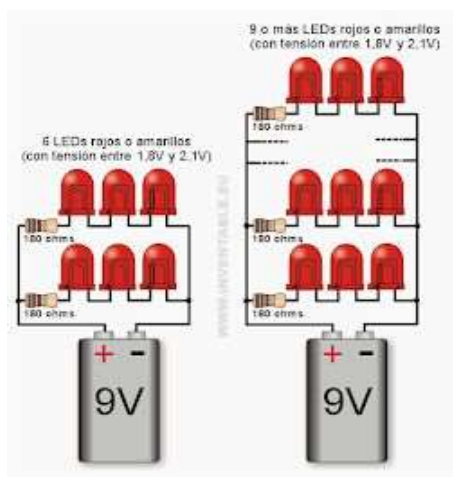


Ilustración 6. Configuración operacional [32].

Para los leds comerciales, en la figura se puede observar la curva característica de cada led dependiendo de la emisión de colores.

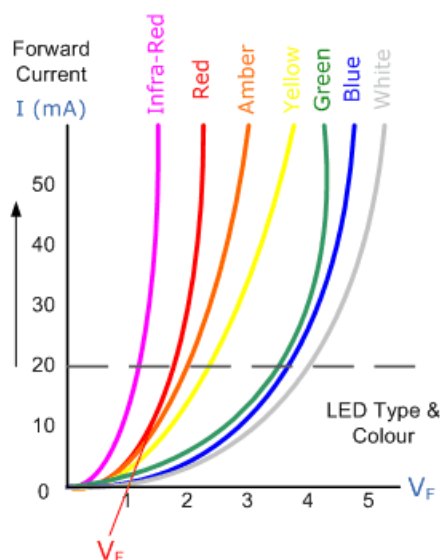


Ilustración 7. Curva de emisión de colores.

De acuerdo a la Ilustración 7, se observa la curva característica de corriente y voltaje para los distintos tipos de LED, según su color de emisión, los LED de menor energía como el infrarrojo y el rojo tienen tensiones umbrales de 1.5V a 2V, los LED de mayor energía (azul – blanco) requieren voltajes tales como: 3V a 4V.

5.2.4 Montaje de la estructura

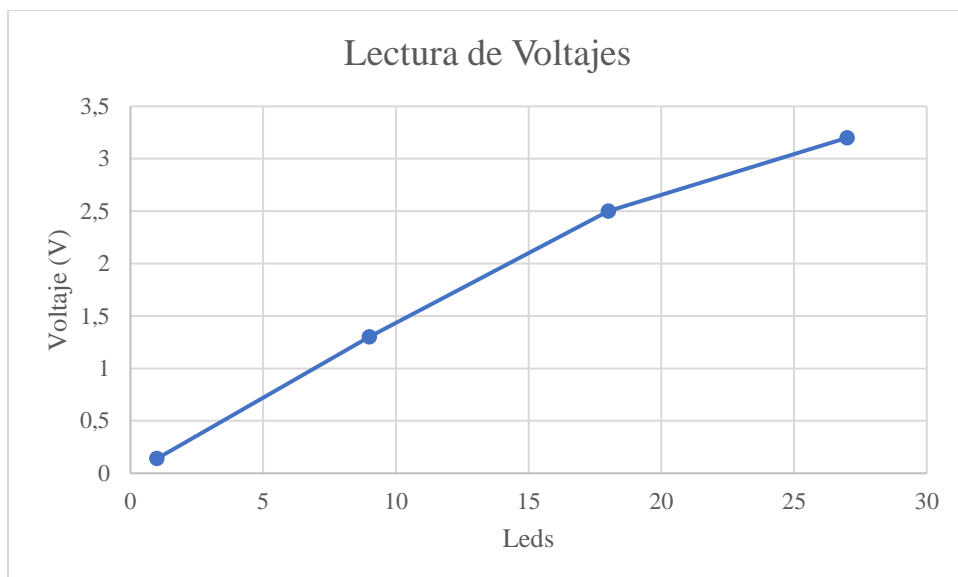
Para realizar las mediciones es necesario contar con una estructura la cual facilita la medición de valores y el intercambio entre las distintas configuraciones serie paralelo.

5.2.5 Lecturas de voltajes obtenidos

Con leds smd de las lámparas se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 6. Datos obtenidos de leds SMD.

Leds	Voltaje
1	140 mV
9	1,3 V
18	2,5 V
27	3,2 V



Gráfica 1. Voltajes obtenidos de leds SMD.

La Gráfica 1, trata de los voltajes en DC medidos en placa de las diferentes configuraciones de los leds, a medida que aumenta el número de leds aumenta el voltaje.

5.3 Planos de diseño

5.3.1 Esquemático

En la siguiente ilustración se puede observar un esquemático de la configuración del sistema donde se añadió un regulador de voltaje para estabilizar la tensión de salida.

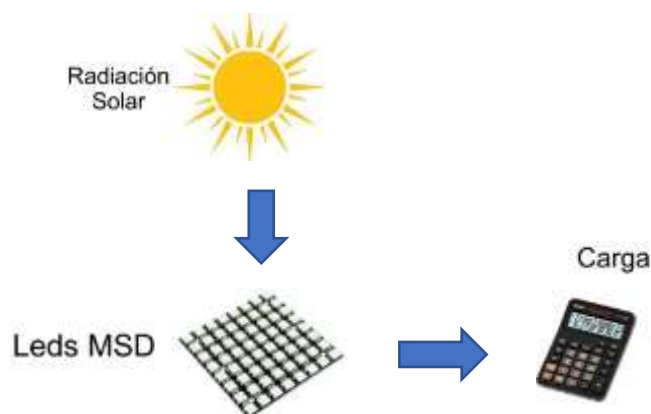


Ilustración 8. Configuración del sistema.

5.4 Descripción del prototipo caso 2

5.4.1 Evaluación

Se recogió datos de internet, a través de los criterios y opiniones de expertos en pantallas de celulares que también corresponden a material reciclable electrónicos y pantallas rotas se

usaron como fundamento en el diseño de panel solar entre ellos fueron seleccionados 50 pantallas rotas de inicio entre las cuales solo 20 se utilizaron al final, por motivos de fisuras en las mismas o completamente deterioradas.

Estas 20 pantallas fueron colocadas en cuadrículas como parte de un diodo LED, actuando como un panel solar, por tanto, aquellas corresponden a pantallas de vidrio negro ya que atraen más radiación solar y por estética se debe tener en cuenta que las conexiones de los puertos de la (DC) a (CC) no sean visibles.



Ilustración 9. Pantallas led de celulares.

Al colocar las pantallas y pegarlas en una base, se procede a colocar cables y salida de los puertos positivos como negativos de cada pantalla con la finalidad de colocar los cables. En los espacios de cada cuadrícula conocidas como (Canaletas Dexson) que por estética los cables no deben quedar sueltos. Luego de cada conexión se obtiene una serie de cinco cuadrículas y filas conectadas en serie es decir con cables rojo de corriente positiva y amarilla correspondiente a una corriente negativa.



Ilustración 10. Colocación de canaletas y ubicación de pantallas.

Luego de colocar las canaletas en la base se procedió a sellar y se realizaron conexiones en serie, el cual se suma el voltaje con un mismo voltaje positivo en salida, para proceder a una salida para luego obtener resultados favorables de voltaje y amperaje.



Ilustración 11. Conexión de pantallas led.

5.4.2 Conexión de pantallas

Esta etapa se realizó con una estructura en columna en el panel solar a través del uso de estos materiales acrílicos, vidrios que ayudan a concertar más el calor actuando como puente de

energía. Se procede al montaje del controlador del panel solar ayudado de los focos LED de las pantallas de celulares que se usa como fondo del sistema fotovoltaico, con baterías, inversores y plugs.



Ilustración 12. Ubicación de pantallas y conexión de plugs de salida de energía.

Para el procedimiento de la armada se utilizó una pantalla y medidor de voltaje por medio de un inversor de voltaje que trasforma una corriente alterna (DC) a una corriente continua (CC).

Se procedió incorporar el sistema en una base metálica de una altura de 90 cm de largo y 60 cm de ancho o una caja de 50 cm por 60 cm de ancho al panel solar con una profundidad de 15 cm. Luego se procede a realizar las mediciones en las salidas del panel solar verificando su funcionalidad con un multímetro.



Ilustración 13. Construcción de base solar.

Con la inyección de energía solar de carga positiva y negativa con una corriente alterna siendo necesario que el controlador sea encendido, para generar 12 voltios, se puede observar cada una de las conexiones realizados y proceder a cargar cada una de las baterías que incorporan el sistema.



Ilustración 14. Prototipo de panel solar con la utilización de pantallas led.

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Reciclaje de material electrónico

6.1.1 Componentes de lámparas led

Toda lámpara led contiene básicamente los mismos elementos encargados de transformar la energía eléctrica en una fuente lumínica.



Ilustración 15. Componentes de una lámpara led.

6.2 Diseño del prototipo caso 1

6.2.1 Recolección de datos configuración en serie

- Conexión en serie

La configuración serie es de las más utilizadas por que el voltaje se divide entre los componentes y en términos constructivos es más fácil apilar uno tras de otro.

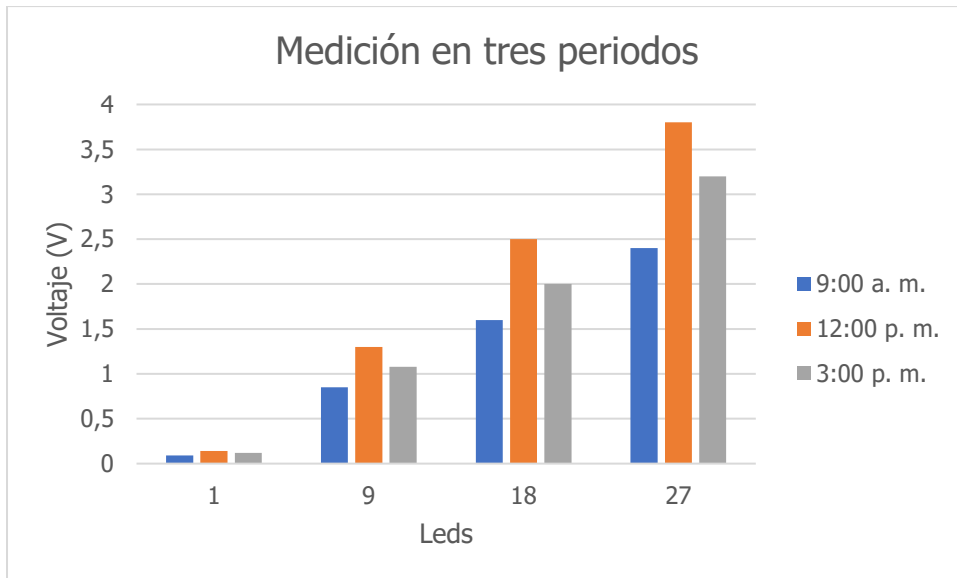


Figura 2. Conexión en serie.

Para el primer análisis de datos se realizó mediciones en 3 periodos, en base a la hora solar pico con la configuración en serie.

Tabla 7. Resultados obtenidos en mediciones de 3 períodos.

Leds	9:00 a. m.	12:00 p. m.	3:00 p. m.
1	90 mV	140 mV	120 mV
9	850 mV	1,3 V	1,08 V
18	1,6 V	2,5 V	2 V
27	2,4 V	3,8 V	3,2 V



Gráfica 2. Medición de [V] en 3 períodos.

La interpretación de la Gráfica 2, indica los valores obtenidos en cada uno de los períodos del día tomando en cuenta la radiación solar, en efecto la medición del medio día es la más alta en base a los demás períodos.

6.2.2 Recolección de datos en paralelo

- Conexión Paralelo

Esta incrementa la corriente de generación, pero el voltaje es el mismo en todos los leds smd.

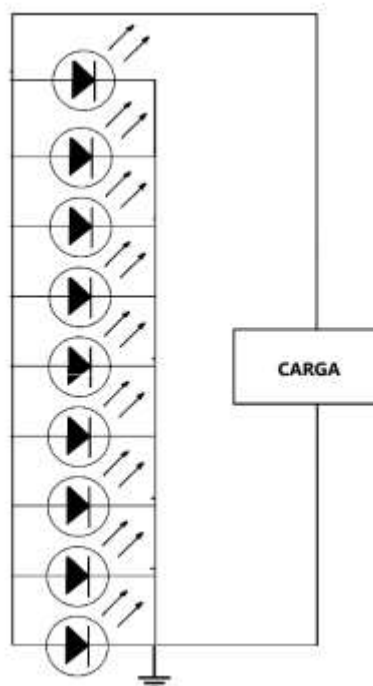
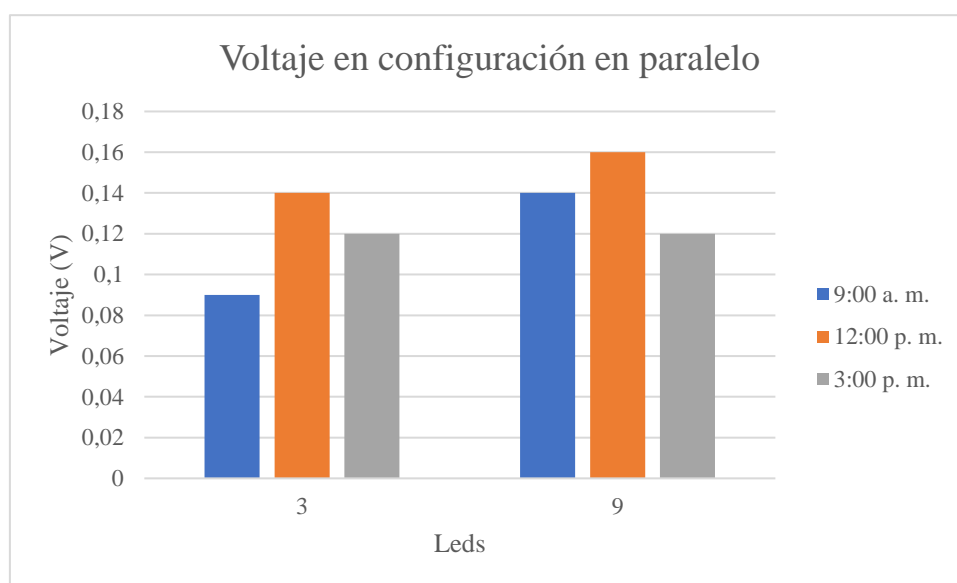


Figura 3. Conexión el paralelo.

Tabla 8. Configuración en paralelo.

Leds	9:00 a. m.	12:00 p. m.	3:00 p. m.
3	90 mV	140 mV	120 mV
9	140 mV	160 mV	120 mV



Gráfica 3. Resultados en [V] de la configuración en paralelo.

En el segundo análisis se obtuvo los siguientes resultados con la configuración en paralelo de la Gráfica 3, aquí se puede evidenciar claramente que los valores de voltaje se mantienen en un rango esperado, pues al ser una configuración en paralelo el voltaje es el mismo pero la corriente aumenta. La corriente con tres leds no presentó lectura, mientras que con nueve leds se registró una corriente de 150 mA.

6.2.3 Recolección de datos en configuración mixta (serie y paralelo)

- Conexión Mixta

Esta configuración es la combinación de la configuración serie y paralelo la cual incrementa el voltaje y la corriente, esta configuración es actualmente muy utilizada en la instalación de células fotovoltaicas en la construcción de paneles solares y también en la instalación de sistemas fotovoltaicos para aumentar la eficiencia de generación de energía.

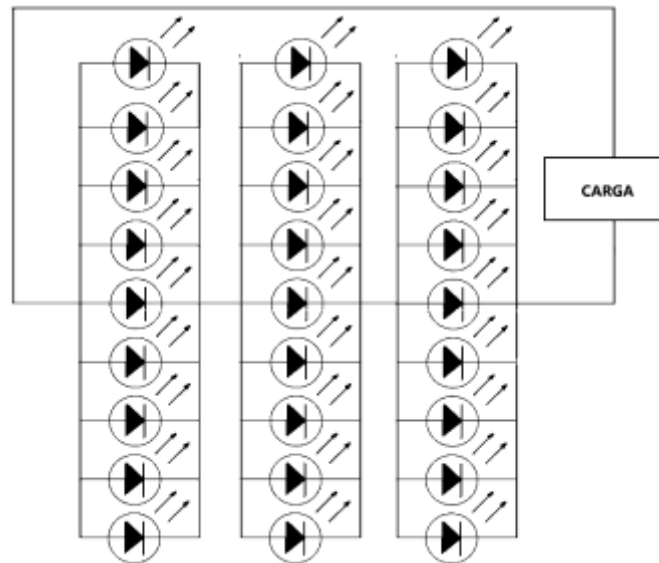
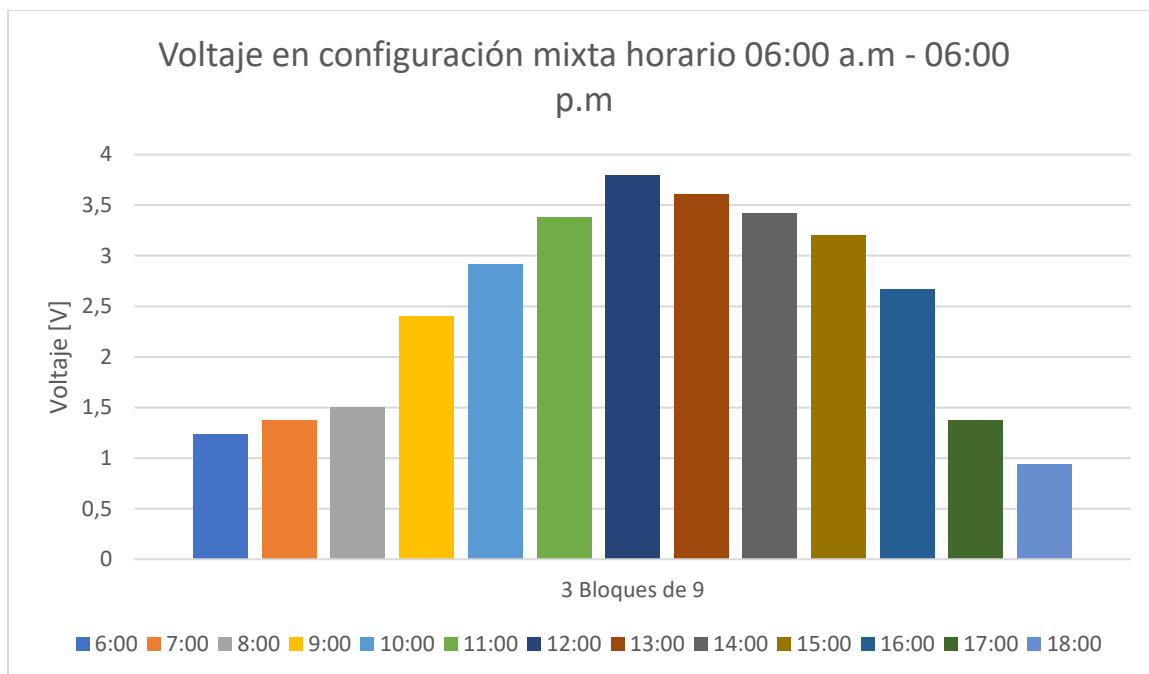


Figura 4. Conexión Mixta (serie y paralelo).

Para el tercer análisis se utilizó una configuración mixta, es decir tres bloques de nueve leds en serie, teniendo un amperaje de 400 mA.

Tabla 9. Análisis de datos de configuración mixta.

Leds	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
9	1,24	1,38	1,50	2,40	2,92	3,38	3,80	3,61	3,42	3,20	2,67	1,38	0,94
	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V



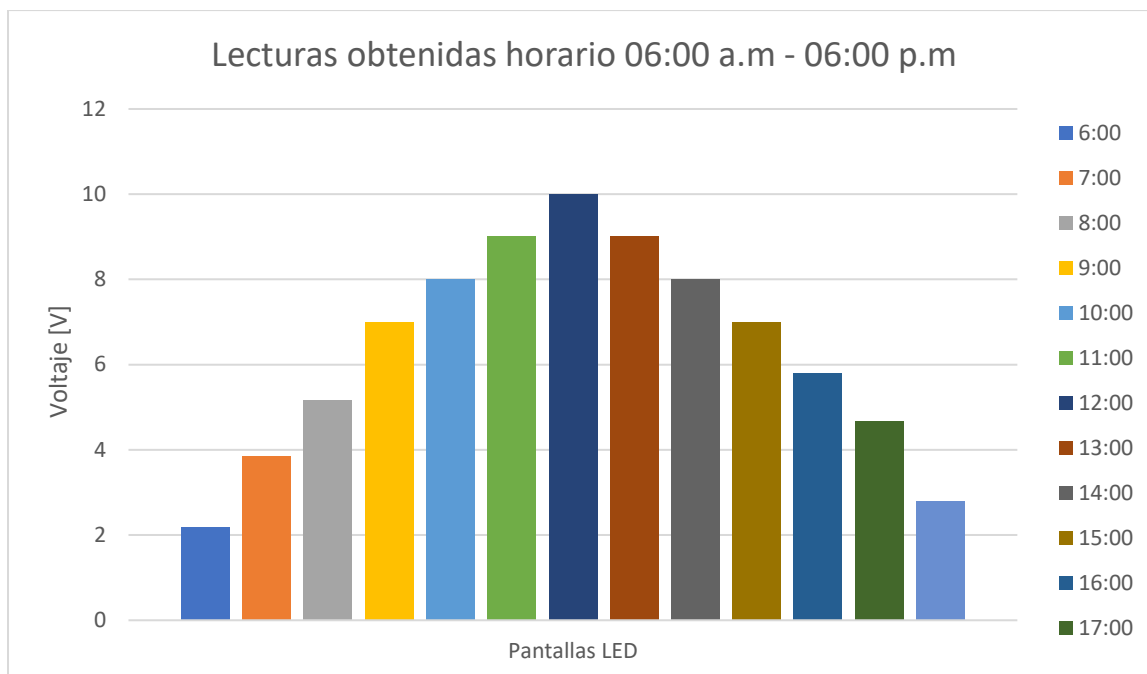
Gráfica 4. Resultados de Voltaje [V] en Configuración mixta

En los datos medidos en la placa de celda solar de la Gráfica 4, se puede evidenciar el comportamiento de los voltajes en relación a la radiación solar, donde se obtiene una mejor eficiencia energética al medio día, para la utilización de la carga, seguido por una disminución gradual hasta las 18:00 horas, esto se debe a la temperatura y las condiciones ambientales el cual influye el desempeño del sistema.

6.3 Diseño del prototipo 2

Tabla 10. Análisis de datos obtenidos del panel solar mediante pantallas led.

Pantallas	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
20	2,18	3,85	5,17	7,00	8,00	9,00	10,00	9,00	8,00	7,00	5,80	4,67	2,80
	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V



Gráfica 5. Voltajes [V] medidos en panel solar de pantallas led.

En los datos medidos en el panel solar de la Gráfica 5, se puede observar el comportamiento de los voltajes en relación a la radiación solar donde se obtiene una mejor eficiencia energética al medio día, seguido por una disminución gradual hasta las 18:00 horas, esto se debe a la temperatura y las condiciones ambientales el cual influye el desempeño del sistema.

6.4 Análisis económico

6.4.1 Comparativa del prototipo

Para la comparativa del prototipo se analizará los costos de fabricación respecto a un panel solar existente en el mercado, para lo cual se tiene los siguientes datos y observaciones.

6.4.2 Costo del prototipo caso 1

En este análisis se toma en cuenta solo los componentes involucrados en el desarrollo de un prototipo con el cual se experimentó en esta investigación. Estos valores son promediados a los costos de fabricación para una celda de 3.2V a 400mA.

Tabla 11. Análisis comparativo.

Detalle	Valor (USD)	Tipo
Lámpara led tipo bombilla de bajo consumo 9W	3.00 USD	Variable
Baquelita	4.00 USD	Variable
Estaño	2.00 USD	Variable
Pasta de soldar	1.00 USD	Variable

Cautín	1.50 USD	Variable
Mano de obra (\$ 3,35 x hora)	53.6 USD	Fijo
Estructura física adicional, bases, anclajes	5.00 USD	variable
Costos fijos directos e indirectos	10 USD	Fijo
Total, costo fabricación de 1 modulo	80.10 USD	

6.4.3 Costo de producción del prototipo de celda solar

Para determinar la comparativa en masa se debe hacer una relación entre un panel fotovoltaico comercial de las mismas características. Para este caso se toma en cuenta un módulo de 50W policristalino RESUN 12V a un costo de \$65 por lo tanto se tiene:

Tabla 12. Descripción de Prototipo con un panel comercial Resun.

Descripción	Prototipo	Panel Comercial policristalino RESUN
Voltaje	3.2V	12V
Amperios hora	400mA	4Ah
Dimensiones	9 cm	54 * 68 * 0.25cm
Potencia	1.28 W	50 W
Precio	80.10 USD	65.00 USD

En base a esta comparativa para un prototipo de las mismas características el costo de fabricación por potencia sería de:

$$\# \text{ Modulos} = \frac{P \text{ panel}}{P \text{ prototipo}}$$

$$\# \text{ Modulos} = \frac{4A}{0.4A}$$

$$\# \text{ Modulos} = 10$$

Para obtener un prototipo de igual característica se requiere 10 placas elaboradas de 0.4A y a un costo de \$80.1 sería un total de \$801 por 50W.

$$\text{Costo Total} = \text{Costo Prototipo} * \text{Costo Impuesto}$$

$$\text{Costo Total} = \$ 801 * 15\% = \$ 921.15$$

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Costo prototipo}}{\text{Costo panel}} * 100\% = \frac{\$ 921.15}{\$ 65} * 100\% = 1417.15\%$$

Del mismo análisis se puede mencionar que para la fabricación del panel con las mismas características del panel solar comercial marca Resun es 1417.15% del costo, es decir, 14 veces más caro, por lo tanto, no es rentable económicamente.

Sin embargo, se puede considerar la evaluación de alternativas de abastecimiento, en lugar de fabricarlos o construirlos manualmente se debe analizar la posibilidad de importar paneles preensamblados a un menor costo.

6.4.4 Costo prototipo caso 2

Tabla 13. Descripción de Prototipo de panel solar de pantallas led.

Materiales	Cantidad	P. unitario	P. Total	Tipo
Inversor blue solar	1	180.00	180.00	Variable
Módulo Resun 230 Wh	4	50.00	200.00	Variable
Soporte para paneles fijo 3 en 1	2	120.00	240.00	Variable
Anclaje para paneles solares	2	2.50	5.00	Variable
Interruptor magnético 15 A 110V DC	1	22.00	22.00	Variable
Interruptor diferencial bipolar de 30m A	1	130.00	130.00	Variable
Fusiles 15 A 50V	1	30.00	30.00	Variable
Fusiles 10 A	1	7.00	7.00	Variable
Conectores MC4	5	2.25	11.25	Variable
SUBTOTAL			825.25 USD	
Mano de Obra	40 horas	3.35	134.00	Fijo
Costos fijos directos e indirectos		5.00	5.00	Fijo
TOTAL			964.25 USD	

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este apartado se presentan las conclusiones y recomendaciones acerca del trabajo de titulación en el apartado 7.1, se detallan las conclusiones en función de los resultados y de los objetivos propuestos, y a continuación en el apartado 7.2 se detallan las recomendaciones para el estudio de factibilidad de reciclaje de lámparas y pantallas led.

7.1 CONCLUSIONES

- Se ha evidenciado la viabilidad del reciclaje de lámparas y pantallas led, a través de la identificación de alternativas de gestión, lo cual permite una contribución significativa al cuidado del ambiente al prevenir la contaminación procedente de estos residuos.
- Se recopiló información esencial acerca de los principios fundamentales de una gestión adecuada del reciclaje de materiales eléctricos, enfatizando el impacto ambiental asociado a su uso, resaltando la necesidad de implementar campañas responsables de reciclaje.
- Gracias a la investigación realizada se obtuvo un conocimiento minucioso de las prácticas actuales de reciclaje de los RAEE, incluyendo un análisis exhaustivo de las ventajas y desventajas de la aplicación de procesos específicos para el reciclaje de lámparas Led.
- Se desarrolló un prototipo de celda solar empleando los leds SMD de lámparas recicladas, lo que proporcionó información favorable donde se obtiene una mejor eficiencia energética al medio día con un valor de 3.4V, para la utilización de la carga, esto se debe a la temperatura y las condiciones ambientales, el cual influye el desempeño del sistema. Demostrando la factibilidad de reutilizar el material electrónico en aplicaciones innovadoras, marcando un avance significativo en el aprovechamiento sostenible de recursos.
- De la misma manera se diseñó un prototipo de panel solar con la utilización de pantallas led de celulares, con la finalidad de proporcionar datos favorables de medición, donde se obtiene una mejor eficiencia energética al medio día con un valor de 10,00V, seguido por una disminución gradual de la radiación solar.
- La mejor opción es el desarrollo del panel solar mediante la utilización de pantallas led de celulares, pero es una inversión económicamente alta lo cual dificulta la adquisición de estos equipos, pero es una base para futuros estudios con fines académicos.

7.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda fomentar la educación y la conciencia ciudadana en base a campañas de concientización y sensibilización para dar a conocer a la población acerca de los riesgos asociados al manejo inapropiado de materiales eléctricos, especialmente de las lámparas LED.

Acompañado a la recomendación anterior se debe implementar estrategias o sistemas de recolección eficientes, creando puntos de recolección para promover el reciclaje de los RAEE, estableciendo responsabilidades para consumidores y productores.

Además de lo mencionado anteriormente, es esencial apoyar a la investigación acerca de tecnologías para perfeccionar procesos de reciclaje de lámparas LED y otros RAEE, además de nuevos usos para los materiales recuperados.

La evaluación de este trabajo tiene la finalidad de contribuir a la sociedad e incentivar la optimización de este sistema mediante el uso de materiales reciclados, como lámparas y pantallas LED. Además, se plantea como una base para futuros estudios que permitan profundizar en su desarrollo y mejorar su eficiencia con el paso del tiempo.

8. REFERENCIAS

- [1] L. Méndez, «Lámparas LED, la luz del nuevo mundo.,» Guli Iluminación, 20 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://guli.es/blog/lamparas-led-la-luz-del-nuevo-mundo/>. [Último acceso: 10 Febrero 2025].
- [2] M. Suarez, «Descubre todos los beneficios del reciclaje electrónico,» *Rev Electrónica*, vol. 8, nº 1, p. 10, 2020.
- [3] M. Ototongo, A. Rios y D. Taípe, «Optimización del Consumo Eléctrico de los Sistemas de Iluminación en Espacios Interiores de la Universidad Técnica de Ambato,» *Revista Técnica*, vol. 15, nº 1, pp. 70-79, 2018.
- [4] M. Llanos, R. Palacios y A. Peñafiel, «El reciclaje electrónico y su incidencia en la gestión municipal de la ciudad de Babahoyo,» *Dialnet*, vol. 10, nº 1, pp. 337-351, 2022.
- [5] M. Lara, «Estudio de factibilidad para la creación de una empresa recicladora de los desechos de lámparas fluorescentes en la ciudad de Guayaquil,» UPS, Guayaquil, 2014.

- [6] A. Y. T. E. MINISTERIO DEL AMBIENTE, «POLÍTICA NACIONAL DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE) Y PLAN DE ACCIÓN,» EL NUEVO ECUADOR, Quito, 2024.
- [7] E. Párraga y E. Sandoval, «El reciclaje electrónico como alternativa para disminuir los índices de residuos sólidos en Santo Domingo, Ecuador,» *CIENCIA E INNOVACIÓN EN DIVERSAS DISCIPLINAS CIENTÍFICAS*, vol. 5, n° 2, pp. 649-669, 31 Diciembre 2024.
- [8] J. Cárdenas, «Reciclaje electrónico, una alternativa de economía circular en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo,» PUCE, Quevedo, 2023.
- [9] F. Zamora, «Estudio de Factibilidad para el montaje de una empresa gestora de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en la ciudad de Cuenca - Ecuador,» Cuenca, 2020.
- [10] EMAC, «EMAC EP construye la primera planta pública para la Gestión de Residuos Electrónicos (RAEE) en El Valle,» Alcaldía de Ceunca, 2023. [En línea]. Available: <https://emac.gob.ec/emac-ep-construye-la-primera-planta-publica-para-la-gestion-de-residuos-electronicos-raee-en-el-valle/>. [Último acceso: 18 Febrero 2025].
- [11] B. Chanchicocha, «Gestión sostenible de las actividades en la recicladora Grúmeri como proyecto piloto de manejo para las recicladoras de Cotopaxi,» Latacunga, 2023.
- [12] H. Chavolla, «¿Quién gobierna la basura y el reciclaje?,» *Internaciones*, vol. 24, n° 1, pp. 209-226, 2023.
- [13] BBVA, «¿Qué es el reciclaje y por qué es importante reciclar?,» 23 Octubre 2023. [En línea]. Available: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-reciclaje-y-por-que-es-importante-reciclar/>. [Último acceso: 10 Enero 2025].
- [14] A. García, «Diseño de material Informativo digital pra dar a conocer la primera etapa del proceso de reciclaje de pal, cartón, vidrio y plástico que la empresa Ineterfisa ofrece a sus proveedores.,» Nueva Guatemala de la Asunción, 2020.
- [15] J. Cárdenas, «Reciclaje electrónico, una alternativa de economía circular en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo,» Quevedo, 2023.

- [16] E. Biagi, S. Clzolari, S. Granchi y E. Vannacci, «Applications of light emitting diodes as sensors of their own emitted light,» *Opto-Electronics Review*, vol. 27, nº 20, pp. 355-362, 2019.
- [17] J. Hoyos, «Comparación del ciclo de vida entre lámparas LED y fluorescentes: caso de estudio, : aula edificio Segarra ETSAB,» Barcelona, 2023.
- [18] F. Alonso, S. Carrasco, J. J. Gamboa, M. Maroto and M. Á. Salichs, "Aplicación de estrategias psicológicas y sociales para incrementar el vínculo en interacción humano-robot," *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, vol. 20, no. 2, pp. 192-212, 2023.
- [19] Iluminica, «Entendiendo la temperatura de color en iluminación LED,» 27 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://iluminica.com/entendiendo-la-temperatura-de-color-en-iluminacion-led/>. [Último acceso: 28 Enero 2025].
- [20] V. Salas y R. Villalva, «Estrategias de Reciclaje para Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos: Revisión Sistemática,» Lima, 2021.
- [21] A. y. T. E. Ministerio del Ambiente, *Gobierno Nacional promueve la gestión adecuada de los residuos de lámparas LED y de descarga*, Quito, 2022.
- [22] P. Duarte, «Diseño y fabricación de bombillos led ecológicos a partir del reciclado del tereftalato de polietileno (PET). Análisis bibliográfico.,» Bogotá, 2020.
- [23] T. Gutiérrez, «Reciclado de aparatos eléctricos y electrónicos,» Valladolid, 2021.
- [24] J. Romuno, «El proceso de reciclado de residuos electrónicos,» RTS, 21 Enero 2025. [En línea]. Available: <https://www.rts.com/es/blog/the-complete-e-waste-recycling-process/>. [Último acceso: 18 Febrero 2025].
- [25] ECOLEC, «Procesos de reciclaje,» 14 --julio 2021. [En línea]. Available: <https://ecolec.es/informacion-y-recursos/procesos-de-reciclaje/>. [Último acceso: 18 Febrero 2025].
- [26] ReciTec, «ReciTec,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.recitec.com.ec/>. [Último acceso: 18 -Febrero 2025].

- [27] J. Piedra Montoya, J. Arias Pastrano, F. Zurita Ulluari y F. Garzón Márquez, «Proyecto Fortalecimiento de las iniciativas nacionales y mejoramiento de la cooperación regional para el manejo ambientalmente racional de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) en Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en países de Amé,» Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Quito, 2024.
- [28] M. Europe, «Megalux Led Display,» [En línea]. Available: <https://megalux.es/que-son-las-pantallas-led/#:~:text=Los%20monitores%20LED%2C%20son%20pantallas,con%20diodos%20emisores%20de%20luz..> [Último acceso: 20 Febrero 2025].
- [29] Sonimalaga, «SONIMALAGA,» 01 02 2023. [En línea]. Available: <https://www.sonimalaga.com/blog/tipos-de-pantallas-led/>. [Último acceso: 2025 02 20].
- [30] G. Arencibia Carballo, «La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica.,» *REDVET*, vol. 17, n° 9, pp. 1- 4, 2016.
- [31] A. Salazar Peralta, A. Pichardo S. y U. Pichardo S., «La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable,» *Revista de Investigación y Desarrollo*, vol. 2, n° 511-20, pp. 1-10, 2016.
- [32] El Rey Hidrógeno, «Energiasrh,» 22 Marzo 2015. [En línea]. Available: <https://energiasrh.blogspot.com/2015/03/led-en-serie-o-paralelo.html>. [Último acceso: 20 Febrero 2025].