



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**Estudio de prefactibilidad del aprovechamiento sostenible
ambiental y económicamente de los residuos electrónicos
en Loja**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Autor: Campoverde Romero, Alexis Damian

Director: Jaramillo Pacheco, Jorge Luis

LOJA

2022



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2022

Aprobación del director del Trabajo de Titulación

Loja, 06 de octubre de 2022

Doctor

Francisco Alberto Sandoval Noreña

**Director de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones de la
Universidad Técnica Particular de Loja**

Ciudad. -

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación, denominado “Estudio de prefactibilidad del aprovechamiento sostenible ambiental y económicamente de los residuos electrónicos en Loja”, realizado por Alexis Damian Campoverde Romero, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Así mismo, doy fe que dicho trabajo de titulación ha sido revisado por la herramienta antiplagio institucional.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

Jorge Luis Jaramillo Pacheco

C.I.: 1102866397

Correo electrónico: jorgeluis@utpl.edu.ec

Declaración de autoría y cesión de derechos

Yo, Alexis Damian Campoverde Romero, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: Estudio de prefactibilidad del aprovechamiento sostenible ambiental y económicamente de los residuos electrónicos en Loja, de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción, Capítulo 1. Estudio del arte sobre los residuos eléctricos y electrónicos, Capítulo 2. Diseño preliminar ajustado al marco regulatorio, Capítulo 3. Análisis del escenario técnico, Capítulo 4. Análisis de resultados, Conclusiones y Recomendaciones, siendo Jorge Luis Jaramillo Pacheco, director del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual de este trabajo.

Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad", en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Autor: Alexis Damian Campoverde Romero

C.I.: 1105079022

Correo electrónico: adcampoverde1@utpl.edu.ec

Dedicatoria

A mi mamá y mis hermanas que, sin su amor, cariño y esfuerzos me han incentivado a cosechar logros y llegar lejos a pesar de todos los obstáculos.

De manera especial a mi papá que, con su sapiencia y experticia, me ayudaron en cada una de las etapas de mi vida personal, académica y profesionalmente.

A toda mi familia, por su ayuda desinteresada y amor incondicional.

Agradecimiento

A mi director de trabajo de fin de titulación, Ing. Jorge Luis Jaramillo Pacheco, por permitirme trabajar con él, desarrollar nuevas ideas, brindarme todo su conocimiento y apoyo en cada una de las fases de este proyecto.

A todos mis compañeros, colegas y amigos que a lo largo de este camino me han permitido crecer y aprender. De manera especial a mi amigo y colega Juan Jiménez, por ayudarme incondicionalmente con su sapiencia en varias ramas de la carrera.

Índice de Contenido

Carátula.....	I
Aprobación del director del Trabajo de Titulación	II
Declaración de autoría y cesión de derechos	III
Dedicatoria	V
Agradecimiento	VI
Índice de Contenido.....	VII
Resumen.....	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo uno	5
Ingeniería de concepto del proyecto	5
1.1 Planteamiento del problema	5
1.2 Objetivos del proyecto	6
1.2.1 <i>Objetivo general</i>	6
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	6
1.3 Justificación e importancia del proyecto	6
1.4 Alcance del proyecto.....	7
1.5 Estado del arte	7
1.5.1 <i>Sobre los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)</i>	7
<i>Definición de RAEE</i>	7
<i>Clasificación de los RAEE</i>	7

<i>Composición de los RAEE</i>	10
1.5.2 Experiencias de reciclaje de RAEE en el mundo	11
<i>Nueva Zelanda</i>	11
<i>China</i>	12
<i>Reino Unido</i>	12
1.5.3 Experiencias de reciclaje de RAEE en América Latina	13
<i>Argentina</i>	13
<i>Bolivia</i>	14
<i>Chile</i>	14
<i>Costa Rica</i>	14
<i>El Salvador</i>	15
<i>Guatemala</i>	15
<i>Honduras</i>	16
<i>Nicaragua</i>	16
<i>Panamá</i>	16
<i>Perú</i>	16
<i>Uruguay</i>	17
<i>Venezuela</i>	17
1.5.4 Experiencias de reciclaje de RAEE en Ecuador	18
1.5.5 Situación actual en la ciudad de Loja	19
1.6 Sobre la selección de un modelo referencial para este proyecto	19
Capítulo dos	21
Ingeniería básica del proyecto	21

2.1	Marco normativo sobre gestión de RAEE	21
2.1.1	<i>Convenio de Estocolmo</i>	21
2.1.2	<i>Sobre los contaminantes Orgánicos Persistentes</i>	21
2.1.3	<i>Marco normativo en el Ecuador</i>	21
2.1.4	<i>Propuesta de normativa técnica para la gestión integral de RAEE, basada en el principio REP.....</i>	23
2.1.5	<i>A manera de resumen</i>	24
2.2	Diseño del prototipo conceptual de una empresa para el aprovechamiento de RAEE en la ciudad de Loja	24
	<i>Modelo Canvas.....</i>	24
2.2.1	Segmento de clientes	26
2.2.2	Propuesta de valor.....	27
2.2.3	Relación con clientes	29
2.2.4	Canales	30
2.2.5	Fuentes de ingreso	30
2.2.6	Recursos clave.....	31
2.2.7	Actividades clave.....	31
2.2.8	Socios clave	33
2.2.9	Estructura de costes	33
	Capítulo tres	34
	Estudio técnico	34
3.1	Cálculo de capacidad de la planta	¡Error! Marcador no definido.
3.2	Localización de la planta.....	38

3.3 Organización de la producción	¡Error! Marcador no definido.
3.4 Arquitectura organizacional	44
3.5 Modelo de negocio completo	¡Error! Marcador no definido.
Conclusiones	50
Recomendaciones	51
Referencias.....	52

Índice de Tablas

Tabla 1 Categorías de RAEE según la Directiva del Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea	7
Tabla 2 Categorías de aparatos eléctricos y electrónicos para el Ecuador	8
Tabla 3 Generación de RAEE por continente, año 2019	11
Tabla 4 Proyección de RAEE generado en el 2020 en el cantón Loja	34
Tabla 5 RAEE generado en la Universidad Técnica Particular de Loja en los últimos años.....	35
Tabla 6 AEE adquiridos hace más de 10 años con estado activo y enajenados en determinadas fechas	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7 Cantidad de AEE adquiridos por la Universidad Técnica Particular de Loja, entre 2013 y 2022	36

Índice de Figuras

Figura 1 Composición promedio de los AEE	10
Figura 2 Sistema de gestión de RAEE con planta EMAC-EP	20
Figura 3 Lienzo de modelo de negocios canvas	25
Figura 4 Segmentación de mercado de juguetes robóticos.....	26
Figura 5 Segmentación de mercado de productos derivados del reciclaje de RAEE..	27
Figura 6 Propuesta de valor para el segmento de juguetes robóticos.....	28
Figura 7 Propuesta de valor para el segmento de metales recuperados del reciclaje de RAEE	29
Figura 8 Recursos clave.....	31
Figura 9 Cadena de valor	31
Figura 10 Diagrama de macroproceso para obtención de materia prima	39
Figura 11 Flujograma del proceso de obtención de componentes para la fabricación de juguetes robóticos.....	40

Figura 12 Flujograma del proceso de fabricación de juguetes robóticos con componentes obtenidos	42
Figura 13 Flujograma del proceso para recuperación de metales.....	43
Figura 14 Organigrama de la empresa.....	44<u>4</u>
Figura 15 Lienzo de modelo de negocio final para juguetes robóticos.....	44
Figura 16 Lienzo de modelo de negocio final para productos derivados del reciclaje de RAEE	44<u>9</u>

Resumen

En este trabajo se establece el estado del arte sobre el aprovechamiento de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos; se revisa la normativa que se aplica a la gestión de residuos eléctricos y electrónicos; se analiza la organización y operación de empresas nacionales e internacionales dedicadas al reciclaje de residuos eléctricos y electrónicos; y, finalmente se propone un modelo referencial para la conformación de una empresa enfocada en el reciclado de residuos eléctricos y electrónicos en la ciudad de Loja.

Palabras claves: RAEE, reciclado de RAEE, empresas recicladoras de RAEEES.

Abstract

In this project is established the state of art on electrical and electronic waste management; the law that is applied to the waste form electrical and electronic equipment management is reviewed; it is analyzed the organization and operation from the local and foreign enterprises dedicated to the recycling of the waste form electrical and electronic equipment: and finally, a reference model focused on recycling the waste form electrical and electronic equipment is proposed.

Keywords: WEEE, WEEE recycling, WEEE recycling companies.

Introducción

El avance tecnológico de las últimas décadas ha permitido mejorar los procesos de fabricación de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), volviéndolos más pequeños, portables y económicos. La producción en masa de millones de AEE ha permitido mejorar la vida de muchas personas, pero también ha incrementado el consumismo.

Cuando los AEE han completado su vida útil o se han estropeado, pueden convertirse en un riesgo para la salud y la vida. Una vez desechados en contenedores de basura o en botaderos ilegales, suelen ser recolectados por empresas de aseo higiene o de reciclado; recogidos por individuos dedicados a comprar y vender chatarra; o “pescados” por niños que, ante la necesidad de subsistir, trabajan y juegan en botaderos. Todo esto sin considerar. La mayor parte del tiempo, que los AEE contienen residuos altamente peligrosos para la salud humana, como el mercurio, retardantes de llamas, plomo, entre otros. (Forti et al., 2020).

Además de ser un riesgo para la salud humana, los residuos de AEE (RAEE) representan un problema para el medio ambiente, debido a que la inmensa mayoría de componentes que los conforman no son biodegradables. Inclusive, con el paso del tiempo y el deterioro constante, los RAEE desprenden sustancias tóxicas contaminantes que afectan el ecosistema, especialmente fuentes de agua dulce, causando una contaminación muy peligrosa.

Al año 2019, la generación mundial de RAEE superó los 55 millones de toneladas métricas. De este total, solo alrededor del 17% se recicló de forma adecuada. Esto significa que, los métodos de recolección y de reciclaje no son suficientemente adecuados ni ajustados a la gran cantidad de residuos generados (Forti et al., 2020).

En el Ecuador, con una población de poco más de 17 millones de personas en el 2019, cada habitante colocó en el mercado un total de 7.5 Kg de AEE, generándose 5.1 Kg de RAEE por año - para un total de 87.575 toneladas métricas. De este total, solo un 4% fue recogido para su tratamiento (Wagner et al., 2022). La empresa (*vertmonde gestor integral de residuos eléctricos y electrónicos en Ecuador, 2022*) ha reciclado y documentado 1385

toneladas métricas de RAEE en el año 2020, siendo la única empresa en la región con certificación R2. En su trabajo, (Hernán et al., 2021) menciona que en Suramérica existe falta de interés y apoyo a proyectos públicos o privados enfocados en la recuperación y refinación de metales preciosos a partir de los RAEE. Al mismo tiempo, la carencia de tecnología en la región dificulta y eleva los costos para la ejecución de este tipo de proyectos.

Por último, la importancia de abordar e investigar sobre problemas influenciados por el comportamiento de la población, permite crear conciencia social sobre el cuidado del medio ambiente y de la salud pública, aportando a la matriz productiva del país y contribuyendo a la creación de normas, leyes u ordenanzas para la correcta gestión de residuos de toda índole. Se espera, que en un futuro próximo se consoliden modelos sostenibles de economía circular y de responsabilidad extendida del productor.

El presente trabajo consta de 4 capítulos. El primer capítulo describe el estado del arte sobre los RAEE; se revisa información disponible sobre algunas empresas recicladoras de RAEE a nivel mundial, regional y local; y, se establece un primer modelo referencial para la conformación de una empresa recicladora de RAEE. En el segundo capítulo se describe el diseño preliminar de una empresa, ajustado al marco normativo y regulatorio del país. El capítulo 3 explica el análisis técnico de las dos opciones de aprovechamiento de los RAEE de mayor posicionamiento en el mercado actual. Finalmente, en el capítulo 4 se presentan las conclusiones en base a la investigación y desarrollo del proyecto.

Capítulo uno

Ingeniería de concepto del proyecto

Este proyecto se gestionará al fono de la metodología denominada Engineering Design. Esta metodología aborda la gestión de proyectos técnicos en cuatro etapas: ingeniería de concepto, ingeniería básica, ingeniería de detalle y evaluación multicriterial.

La primera etapa del proyecto, la Ingeniería de Concepto, permite establecer el estado del arte, el estado de la técnica y seleccionar el modelo referencial de intervención.

1.1 Planteamiento del problema

De acuerdo con (Cruz et al., 2019), los avances tecnológicos permiten mejorar los AEE constantemente. En este escenario, el tiempo de uso o funcionamiento moral se reduce a 2 o 5 años para teléfonos móviles avanzados y computadoras personales, a 5 o 7 años para TV, y, a 10 años para algunos aparatos de uso en el hogar. La generación de RAEE sería inmensurable si la población adoptara la costumbre de desechar los AEE una vez cumplidos estos tiempos. Sin embargo, muchos AEE son utilizados una sola vez y desechados como desperdicios comunes. Otros son almacenados en bodegas, casas u oficinas en cualquier parte del mundo.

El modelo de economía lineal que obliga a la búsqueda constante de elementos como oro y cobre, elementos fundamentales de esos AEE cada vez más demandados, conlleva necesariamente a la degradación del ecosistema y de la salud pública en la amplia mayoría de países productores.

Desde esta perspectiva, es indispensable plantear estrategias para una correcta gestión de RAEE. Un enfoque diferente, disruptivo como el de la economía circular, convierte a los RAEE en una fuente importante de materias primas o recursos secundarios para satisfacer la demanda; puesto que, los AEE pueden contener hasta 69 elementos de la tabla periódica, como oro, plata, cobre, aluminio, hierro, cobalto, paladio y germanio. Además, los componentes eléctricos o electrónicos en los RAEE, muchas veces se encuentran en perfecto estado de operación, pudiendo incorporarse a nuevas placas o a nuevos AEE.

1.2 **Objetivos del proyecto**

1.2.1 **Objetivo general**

- Determinar la prefactibilidad del aprovechamiento sostenible ambiental y económicamente de los residuos eléctricos y electrónicos generados en la ciudad de Loja

1.2.2 **Objetivos específicos**

- Determinar el volumen y las características de los residuos electrónicos que se generan en la ciudad de Loja
- Determinar 2 opciones de aprovechamiento sostenible ambiental y económicamente, del reciclado de residuos electrónicos
- Aproximar un modelo de negocios

1.3 **Justificación e importancia del proyecto**

La ciudad de Loja es reconocida por ser pionera en el ámbito del reciclaje, con proyectos de limpieza, ordenamiento y clasificación de basura domiciliaria. Entre los reconocimientos adquiridos se cuenta el reconocimiento a las buenas prácticas de aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos otorgado por el Ministerio del Ambiente en el año 2014 (*Loja recibe premio por aprovechamiento de residuos sólidos | Municipio de Loja, 2014*). Sin embargo, a pesar de que existe una planta de tratamientos de residuos sólidos, no existe un control o caracterización de RAEE.

Por otro lado, la ciudad no posee puntos o depósitos de recolección de residuos considerados como peligrosos, como el caso de RAEE. A pesar de ello, alrededor de 30 familias se dedican al reciclaje informal, sin las condiciones adecuadas para su tratamiento. El modelo de negocio se basa en la compra de todo tipo de material que se pueda revender a empresas recicladoras a nivel local o nacional. El reciclaje informal compra y vende televisores, pantallas de computadoras, línea blanca, papel, cartón, hierro, alambres y todo tipo de plástico.

Ante esta problemática, se plantea analizar la prefactibilidad del aprovechamiento de los RAEE generados en la ciudad de Loja, en la gestación de nuevas empresas de base

tecnológica (como robótica creativa) y la generación de valor a través de la recuperación y comercialización de metales de valor. Como resultado a largo plazo, se espera que la ciudad reduzca la contaminación en depósitos de desechos orgánicos e inorgánicos, y logre un mayor aprovechamiento financiero de los RAEE.

1.4 Alcance del proyecto

Este proyecto está enfocado en el análisis de procesos de producción y del modelo de negocio de dos potenciales aprovechamiento de los RAEE: a) la elaboración de juguetes robóticos a partir de componentes recuperados, y, b) la recuperación de metales desde los RAEE. El análisis incluye procesos manuales y automatizados, infraestructura física, equipamiento adecuado, seguridad industrial y personal capacitado.

1.5 Estado del arte

La Ingeniería de Concepto incluye el análisis del estado del arte (lo que se dice sobre el tema) y del estado de la técnica (lo que se hace sobre el tema).

1.5.1 *Sobre los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)*

Los **aparatos eléctricos y electrónicos (AEE)** son todos aquellos dispositivos en los que su funcionamiento depende de una corriente eléctrica, un campo electromagnético o una batería (Paniagua et al., 2020).

Definición de RAEE

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) o e-waste, son residuos que se generan cuando los AEE cumplen su vida útil, son almacenados o arrojados a depósitos o contenedores de basura (Forti et al., 2020).

Clasificación de los RAEE

De acuerdo con la Directiva del Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, los RAEE se clasifican en 10 categorías, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Categorías de RAEE según la Directiva del Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea

Número	Categoría	Características
--------	-----------	-----------------

1	Grandes electrodomésticos	Neveras, congeladores, lavadoras, lavaplatos, etc. Línea blanca en general
2	Pequeños electrodomésticos	Aspiradoras, planchas, secadoras de pelo, etc.
3	Equipos de informática y telecomunicaciones	Elementos de computación personal, teléfonos, procesadores de datos centralizados, etc.
4	Aparatos eléctricos de consumo	Aparatos de radio, televisores, cámaras de video, etc.
5	Aparatos de alumbrado	Luminarias, tubos fluorescentes, etc.
6	Herramientas eléctricas y electrónicas	Taladros, sierras y máquinas de coser, etc.
7	Juguetes, equipos deportivos y de tiempo libre	Trenes, carros eléctricos, consolas de videojuegos y video, etc.
8	Aparatos médicos	Aparatos utilizados en medicina
9	Instrumentos de medida y control	Termostatos, detectores de humo, etc.
10	Máquinas expendedoras	Máquinas expendedoras de bebidas frías y calientes, botellas, latas, etc.

Nota. Adaptado de Europea, U. (2012)

Este criterio de clasificación ha servido de base para la normativa ecuatoriana. El 14 de julio del 2022, se emitió el primer instructivo para la aplicación de la responsabilidad extendida en la gestión integral de REE de origen doméstico. El documento en mención establece las categorías de RAEE detalladas en la tabla 2.

Tabla 2

Categorías de aparatos eléctricos y electrónicos para el Ecuador

Número	Categoría	Comprende, pero no se limita a:
1	Aparatos de intercambio de temperatura	Frigoríficos, congeladores, aparatos que suministran automáticamente productos fríos, aparatos de aire acondicionado, equipos de deshumidificación, bombas de calor, radiadores de aceite y otros aparatos de intercambio de temperatura que utilicen otros fluidos.
2	Monitores, pantallas y aparatos con pantallas de superficie superior a los 100 cm ²	Pantallas, televisores incluyendo todas las tecnologías de pantalla (ejemplo: CRT, LED, LCD y demás), marcos digitales para

		fotos, monitores, ordenadores portátiles, incluidos los de tipo notebook.
3	Grandes aparatos (con una dimensión exterior superior a 50 cm ²)	Lavadoras, secadoras, lavavajillas, cocinas, hornos eléctricos, hornillos eléctricos, placas de calor eléctricas; aparatos de reproducción de sonido e imagen, equipos de música (excepto los órganos de tubo instalados en iglesias), máquinas de hacer punto y tejer, grandes ordenadores, servidores, data center, centrales telefónicas, grandes impresoras, copiadoras, productos sanitarios de grandes dimensiones, grandes instrumentos de vigilancia y control.
4	Pequeños aparatos (sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm)	Aspiradoras, limpia moquetas, máquinas de coser, hornos microondas, aparatos de ventilación, planchas, tostadoras, cuchillos eléctricos, hervidores eléctricos, relojes, maquinillas de afeitarse eléctricas, básculas, aparatos para el cuidado del pelo y el cuerpo, sumadoras, aparatos de radio, videocámaras, aparatos de grabación de vídeo, instrumentos musicales, aparatos de reproducción de sonido o imagen, juguetes eléctricos y electrónicos, artículos deportivos, ordenadores para practicar ciclismo, submarinismo, carreras, remo, etc., detectores de humo, reguladores de calefacción, termostatos, pequeñas herramientas eléctricas y electrónicas, pequeños productos sanitarios, pequeños instrumentos de vigilancia y control, pequeños aparatos con paneles fotovoltaicos integrados.
5	Aparatos de informática y de telecomunicaciones pequeños (sin ninguna dimensión exterior superior a los 50 cm)	Equipos celulares, GPS, calculadoras de bolsillo, teclados, ratón, fax, decodificadores, módems, antenas, ordenadores personales, impresoras, teléfonos.

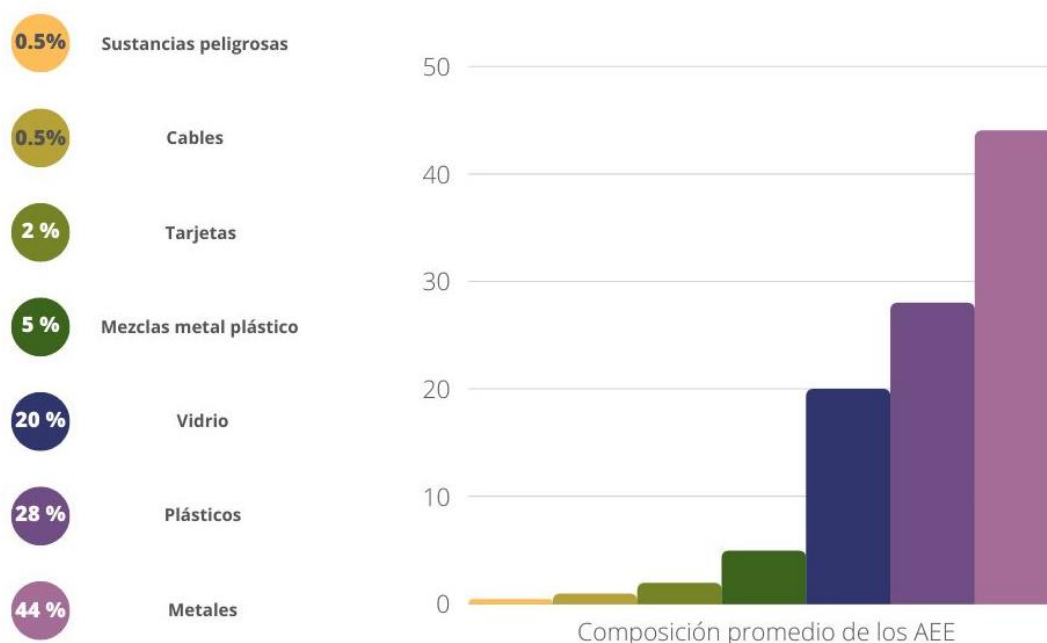
Nota. Tomado de (Acuerdo Ministerial No. MAATE-2022-067|REPÚBLICA DEL ECUADOR MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA)

Composición de los RAEE

La composición de los RAEE es diversa. Así, por ejemplo, según (De, C, Química., 2018), se estima que una tarjeta de circuito impreso o PCB (Printed Circuit Board), tiene una composición de 40% de metales, 30% de plásticos y un 30% de cerámicos, respecto al total de su peso. La figura 1 representa la composición promedio de los AEE: más del 40% del peso total corresponde a metales, y menos del 1% corresponde a sustancias peligrosas. Las sustancias peligrosas más allá de ser minoritarias exigen extremados cuidados en el reciclaje, reúso o disposición final.

Figura 1

Composición promedio de los AEE



Nota: Adaptado de (Ecuador, 2021.)

1.5.2 Experiencias de reciclaje de RAEE en el mundo

En el mundo, solo el 17,4 % de los RAEE se recicla (unos 9,3 Mt). El otro 82,6% restante puede terminar en países como Nigeria, Ghana, o Costa de Marfil, en vertederos ilegales, contaminando el medio ambiente y afectando a la salud pública (Forti et al., 2020).

China es el principal generador de RAEE en el mundo, con un total de 10,1 Mt de RAEE en el 2019 (Lu C, Zhang, L, Zhong Y. et al. , 2015). La menor generación de RAEE per cápita se registra en Europa y Oceanía, tal como lo muestra la tabla 3, con 16.2 y 16.1 kg/hab, respectivamente.

Las potencias industriales con la mayor capacidad de reciclar RAEE son Asia y Europa, con 2,9 Mt y 5,1 Mt, respectivamente (ver tabla 13). Europa genera 12 Mt de RAEE y recicla 5.1 Mt, bajo las regulaciones establecidas en la Directiva 2012/19/UE sobre los RAEE.

Tabla 3

Generación de RAEE por continente, año 2019

Indicadores	África	América	Asia	Europa	Oceanía
Ciudades	53	35	49	40	13
Población(millones)	1174	977	4364	738	89
Generación Mt	2.9	13.1	24.9	12	0.7
Generación per cápita (kg/hab)	2.5	13.3	5.6	16.2	16.1
Documentados como recogidos y reciclados adecuadamente (Mt)	0.03	1.2	2.9	5.1	0.06
Recuperados %	0.9	9.4	11.7	42.5	8.8

Nota. Elaborado con datos de (Forti et al., 2020).

Con la intención de profundizar en las experiencias de reciclaje de RAEE a nivel mundial, se recurrió a identificar propuestas empresariales que operan en diversos países.

Nueva Zelanda

Nueva Zelanda posee una legislación casi nula sobre RAEE. Se estima que cerca del 98% de los RAEE de uso doméstico, terminan en vertederos cada año (Forti et al., 2020). La empresa **Mint Innovation**, con sede en Auckland, tiene por propósito innovar en nueva tecnología para mejorar el proceso de reciclaje de RAEE (*E-Waste Recycling | Mint*

Innovation, 2022). La recuperación de metales valiosos se realiza con un proceso biológico de tres etapas:

- trituración de los RAEE hasta obtener un producto similar a la arena,
- disolución del producto en cierto químico
- **bioadsorción** de oro, cobre y otros elementos con ayuda microbiana.

China

China se ha convertido en el centro global de la producción y consumo de AEE. La legislación local regula la recogida y tratamiento de 14 tipos de RAEE, de los cuales solo se aprovecha hasta un 15%. Existe un **parque industrial especializado en el reciclaje** de todo tipo de RAEE, ubicado en Guiyu, distrito de Chaoyang, provincia de Guandong. En el parque, los niveles de plomo y otros metales pesados son hasta 300 veces más altos que en otras ciudades, lo que ha impactado de manera irreversible la salud de las personas, (EJOLT, 2018).

Empresas reconocidas a nivel mundial como **TLC**, fabricante de diversos aparatos de uso doméstico e industrial, disponen de puntos de recolección de AEE usados o dañados, para su retorno a la empresa y posterior desmantelamiento y/o reparación.

El reciclaje informal es extenso y descontrolado, tanto a nivel empresarial como individual.

Reino Unido

El Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte tiene uno de los mayores niveles de RAEE recogidos y reciclados en todo Europa, con un total de 871 Kt en el año 2019. La legislación vigente está basada en la Directiva 2012/19/UE, en un 70%. Cada una de las naciones que constituyen el Reino, tiene la potestad de gestionar sus propios RAEE, estableciendo sus propias metas de reciclaje (Reino, 2020.)

Entre las empresas de mayor relevancia para el cumplimiento de metas de reciclaje, se encuentra **Veolia Environnement**, empresa multinacional francesa que opera en 48 países, que ofrece servicios de gestión de residuos, agua y energía, enfocados en una economía circular y protección del medio ambiente (Veolia UK, 2022).

Otra de las empresas que operan es **Suez**, empresa multinacional francesa que propone operar en toda la cadena de valor del producto, para preservar elementos esenciales como el agua, el suelo y el aire. Entre los servicios ofrecidos, destaca la transformación de residuos en materias primas secundarias de alta calidad, la recuperación de metales ferrosos y no ferrosos, y, la recuperación de vidrio, cartón y plástico (Transform your waste into high quality secondary raw materials - SUEZ Group, 2022).

1.5.3 Experiencias de reciclaje de RAEE en América Latina

El crecimiento del índice de penetración de Internet en América Latina presiona sobre el incremento de la demanda de AEE y, el consecuente, crecimiento de RAEE. Este tema forma parte de la agenda de empresas en países diversos como Argentina, Bolivia, Chile, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Perú, Uruguay y Venezuela.

Argentina

Según el monitoreo regional de los residuos electrónicos (MRRRAEE) para América Latina 2022, Argentina registra una tasa de recolección de 4% en RAEE y de 0% en la gestión de contaminantes orgánicos persistentes (COP) incluidos en los RAEE. La inexistencia de una infraestructura adecuada y de una política clara sobre RAEE dificulta el desarrollo de empresas de gestión de RAEE. Sin embargo, empresas como **Scrap y Rezagos**, se dedican a la recolección y retiro de equipos eléctricos y o electrónicos en desuso, para la destrucción o inutilización de equipos. La empresa cuenta con una certificación de recepción y trazabilidad de AEE en desuso, y de la destrucción física de los equipos e información. Desde su apertura ha procesado alrededor de 1,200 Kt (*Scrap y Rezagos*, 2021).

Por otra parte, **ProGEAS** es una empresa encargada de la destrucción de rezagos y trituración de e-scrap para evitar su reuso. Los productos obtenidos son exportados a grandes empresas para el desmantelamiento y reutilización de AEE, en Bélgica, Alemania, China, entre otros.(ProGEAS | Reciclado, 2022).

Bolivia

Según el MRRAEE para América Latina 2022, Bolivia registra indicadores similares a la Argentina, con una tasa de recolección de 4% en RAEE y de 0% en la gestión de COP incluidos en los RAEE. Existen alrededor de 6 compañías autorizadas de recolección de RAEE, pero ninguna tiene la capacidad de procesar o tratar los COP de los RAEE.

RAEE-Recicla es una empresa dedicada a la gestión de la RAEE, a través de logística inversa del proceso de planificación, implantación y recuperación de RAEE. La empresa desmantela y clasifica plástico, hierro, y, circuitos integrados, que posteriormente son reutilizados como materia prima (*Raee-Recicla*, 2019).

Chile

Según el MRRAEE para América Latina 2022, Chile registra una tasa de recolección de 5% en RAEE y de 0% en la gestión de COP incluidos en los RAEE. El país cuenta con una legislación sobre RAEE bien estructurada, pero su infraestructura no es tan sólida.

Son aproximadamente 11 empresas la que ofrecen gestión de RAEE, enfocada en recolectar, transportar y desmantelar RAEE. Entre ellas destaca **Midas**, empresa que cuenta con 19 años de experiencia, que en el año 2019 se convirtió en la primera empresa de reciclaje de RAEE con 100% energía compensada con paneles fotovoltaicos, a nivel mundial. La empresa ha obtenido certificaciones ISO 45001, ISO 14001 y R2. La empresa se encarga de logística, reciclaje, destrucción certificada y asesoría ambiental y procesa RAEE para obtener materias primas, generando lingotes de cobre, aluminio y latón. (CHILE, 2022).

Por su parte, **ChileRecicla** es una planta encargada de la gestión de RAEE en desuso de todo Chile. Retira material RAEE y material reciclable para la obtención de materiales valorizables y la creación de valor. (*Chile Recicla*, 2009).

Costa Rica

Según el MRRAEE para América Latina 2022, el país registra una tasa de recolección de 8% en RAEE y de 0% en la gestión de COP incluidos en los RAEE. La legislación sobre RAEE es bien estructurada y cuenta con aproximadamente 60 empresas

de gestión de RAEE; de las cuales, 13 tienen autorización para recolección, mantenimiento y transporte, mientras que el resto está autorizado para el desmantelamiento, separación, recuperación, exportación, importación, tratamiento y eliminación de RAEE.

Entre las empresas más destacadas encontramos a **Solirsa**, dedicada a la gestión integral de RAEE, con certificación ISO 14001. Se encarga de recoger, separar por tipo y pesaje, y envar fracciones finales a destino final autorizado o a su almacenamiento temporal (*Solirsa, 2022*).

Por su parte, **Fortech Circular** es una empresa que se dedica al tratamiento de RAEE, a la calificación y validación de procesos químicos especializados usados en procesos de manufactura compleja, y, a la recuperación y regeneración de solventes y aceite dieléctrico de transformadores (*Fortech Costa Rica - Tecnologías para transformación sostenible, 2020*).

El Salvador

Según el MRRAEE para América Latina 2022, el país registra una tasa de recolección de 1% en RAEE y de 0% en la gestión de COP incluidos en los RAEE. La legislación sobre gestión de RAEE es casi nula, y cuenta con 3 gestores de RAEE, solo uno de ellos con autorización para el transporte, almacenaje y desmantelamiento.

Guatemala

Según el MRRAEE para América Latina 2022, el país no posee legislación alguna sobre gestión de RAEE y su tasa de recolección es casi de 0%. En el país operan 2 empresas gestoras de RAEE. **Recelca** es una dedicada al manejo, reciclaje y destrucción de equipos eléctricos y electrónicos en desuso, contando con aval internacional para el procesamiento y una experiencia de más de 35 años (*Nosotros | Recelca, 2022*). Por su parte, **Scrapex** es una empresa dedicada al reciclaje de metales, electrónicos, baterías, luminarias, aceites y tratamiento de equipos contaminados con PCB, bajo la licencia ambiental Tipo B1 (*Scrapexgt – EXPORTADORA DE DESECHOS, 2022*).

Honduras

Según el MRRAEE para América Latina 2022, la legislación sobre los RAEE se encuentra en desarrollo, y el país registra una tasa de recolección del 1%. Existen 7 empresas gestoras de RAEE, autorizadas para el almacenamiento y tratamiento de los residuos de AEE.

Recacel es una empresa dedicada a la gestión de residuos sólidos especiales y no especiales, al reciclaje de teléfonos celulares y residuos electrónicos. Con capacidad de procesamiento de 2 t diarias. Los materiales recuperados se exportan (*RECACEL, 2022*)

Recycle se dedica a la gestión de RAEE, los recolecta y los exporta a países como Canadá y Estados Unidos, para su procesamiento. La empresa ha reciclado más de 1 millón de Kg de materiales (*Recycle Honduras, 2021*).

Nicaragua

Según el MRRAEE para América Latina 2022, la legislación sobre RAEE y COP se encuentra en desarrollo. La tasa de recolección de RAEE es del 0.4%. En el país operan 11 gestores de RAEE, autorizados por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. De ellos, 8 gestores exportan productos reciclados.

Panamá

Según el MRRAEE para América Latina 2022, la legislación sobre RAEE y COP se encuentra en desarrollo. Existen 7 empresas de gestión de RAEE, de las cuales, una opera de manera informal, mientras que, solo una cuenta con la autorización por parte de los agentes reguladores.

Perú

Según el MRRAEE para América Latina 2022, la legislación sobre RAEE es bien estructurada, pero la tasa de recolección de RAEE es de apenas el 1.5%. En el país operan 6 empresas gestoras de RAEE. **San Antonio Recycling** se dedica al cierre del ciclo de gestión y manejo de los RAEE a través del tratamiento ambiental (*sar, 2018*).

Por su parte, **Reverse Logistics Group** proporciona soluciones de retorno y reciclaje de productos en toda su vida útil. La empresa ofrece servicios de integradora de sistemas

de logística inversa con una plataforma escalable, estimulando la economía circular (*Reverse Logistic Group, 2022*).

Uruguay

Según el MRRAEE para América Latina 2022, la legislación sobre RAEE se encuentra en desarrollo desde 2019. De acuerdo con el Ministerio del Ambiente del país, existen 9 operadores de RAEE autorizados, de los cuales 6 tienen autorización para el transporte, recolección y desmantelamiento.

Newlife E-Waste Recycling está autorizada para el acopio, desmantelamiento y separación de componente provenientes de AEE (*NewLife E-Waste Recycling – Reciclamos Residuos Eléctricos y Electrónicos, 2020*). Por su parte, **Werba SA** se dedica a la gestión de una amplia gama de residuos. En lo que se refiere a RAEE se enfoca en el desmontaje y clasificación de equipos informáticos y aparatos pequeños. Ofrece servicios de reciclaje de metales no ferrosos, reciclaje de residuos electrónicos, reciclaje de baterías, gestión de reciclaje de monitores CRT, análisis de metales, gestión y transporte de residuos (*Werba SA | Soluciones integrales en reciclaje y residuos, 2021*).

Venezuela

Según el MRRAEE para América Latina 2022, la legislación sobre gestión de RAEE es casi nula, registrando una tasa de recolección de RAEE del 0.4%. En el país operan 4 gestoras de RAEE, encargadas de la recolección, transporte, desamblaje, recuperación y reciclaje.

La **Corporación Devesa de Venezuela C.A - Vitoambiente** se dedica a la gestión integral para la recolección, transporte, almacenamiento temporal y disposición final de lo que no puede ser valorado, reciclado o reutilizado. Su principal servicio es la gestión de bombillos ahorradores y luminarias fluorescentes que contienen mercurio (*CORPORACIÓN DEVESA DE VENEZUELA, C.A., 2022*).

Por su parte, **Ecoreciclaje Integral 2008 C.A**, presta servicios ambientales con el reciclaje y disposición final de equipos eléctricos y electrónicos (*ECORECICLAJE INTEGRAL 2008, C.A, 2022*).

1.5.4 Experiencias de reciclaje de RAEE en Ecuador

En Ecuador existen diversas empresas que se dedican a la gestión de RAEE. Por otra parte, se estima que aproximadamente 20.000 mil personas se dedican a la compra y venta de residuos de manera informal, que a su vez venden a las empresas formales (*Red Nacional de Recicladores del Ecuador, 2020*).

La empresa **Vertmonde** se dedica a la recolección, reciclaje y destrucción de RAEE. Gran parte de los residuos recogidos o captados se exportan, y, el resto, se procesa para obtención de metales pesados o para su destrucción completa que garantice la correcta eliminación de posibles componentes peligrosos. La empresa cuenta con diversas licencias medio ambientales como R2, ISO 45001, ISO 14001 y empresa tipo B (*vertmonde gestor integral de residuos eléctricos y electrónicos en Ecuador, 2022*).

La empresa **Intercia** se enfoca en el reciclaje de materiales inorgánicos, papel, cartón, plásticos PET y RAEE, generando materia prima de calidad para la industria nacional e internacional (*Intercia | Guayaquil | Empresa de Reciclaje, 2022*).

La empresa **R.P.M S.A. World and Recycler** está dedicada a la adquisición, recolección, acopio y reclasificación de equipos electrónicos en calidad de chatarra electrónica, para su destrucción. R.P.M compra residuos electrónicos para ser almacenados, clasificados y exportados hacia una planta industrial que se encarga de la recuperación de metales de una forma adecuada (*R.P.M WORLD AND RECYCLER, 2022*).

Recynter es una empresa que forma parte del grupo Mario Bravo, pionero en el reciclaje en el Ecuador. Recynter se dedica a la compra nacional de RAEE, y a la venta internacional de dichos residuos. Cuenta con aproximadamente 1000 centros de acopio en todo el país. El grupo Mario Bravo además cuenta con diversas empresas relacionadas al reciclaje ecológico y reciclásticos (*Grupo Mario Bravo, 2020*).

Finalmente, **Rescue** es un proyecto de reciclaje de RAEE, que pretende diseñar e implementar un sistema piloto de gestión de RAEE replicable y sostenible. Creado en el año 2019 bajo una iniciativa conjunta de la empresa municipal EMAC EP, la Universidad de Cuenca y la Cooperación Suiza (*Ecuador, 2021*).

1.5.5 Situación actual en la ciudad de Loja

Loja es una de las ciudades pioneras en la gestión de residuos. Según el INEC el 68.18% de hogares clasifica sus residuos de manera adecuada (INEC, 2017).

El sistema de recolección de residuos en la ciudad lo gestiona el GAD Municipal. Camiones recolectores de basura recorren los barrios de la ciudad en diferentes horarios. Hasta el 2021 se recogía, aproximadamente, 150 t diarias de residuos. Estos residuos se trasladan al centro de gestión integral de residuos sólidos, donde se separa lo orgánico de la inorgánico. No existe un programa específico de acopio y manejo de RAEE (*Municipio de Loja*, s. f.), y , hasta la fecha en que se elabora este trabajo (agosto del 2022), no existe una ordenanza para la gestión de RAEE. Sin embargo, se recolecta RAEE con el mismo sistema de recolección de residuos. Desde 2018, se destina el último sábado de cada, a la prestación de este servicio. Posteriormente estos RAEE se venden a empresarios y ciudadanía en general.

1.6 Sobre la selección de un modelo referencial para este proyecto

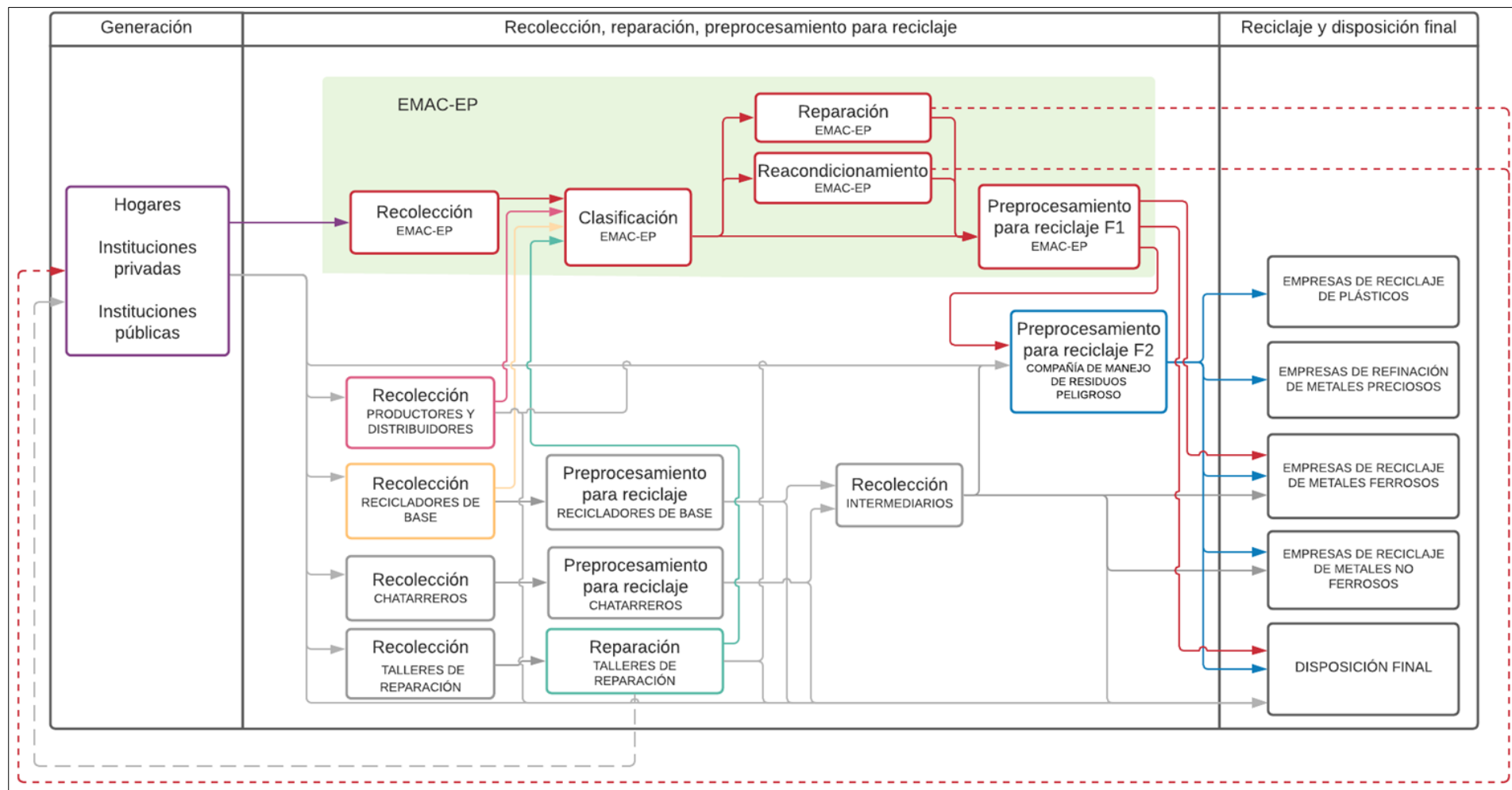
El análisis del estado del arte y de la técnica, permite establecer un modelo conceptual de intervención actual y pertinente.

Para este proyecto, se decidió utilizar como referencia, al modelo de gestión propuesto por Rescue, en Cuenca, Ecuador (ver Figura 2). Este sistema de gestión integra a la empresa pública de aseo EMAC EP, a la Universidad de Cuenca y a la Cooperación Suiza.

El sistema de gestión de RAEE en el proyecto Rescue opera directamente con las fuentes generadoras de RAEE, a través de los canales habituales de recolección de residuos de EMAC EP. Además, la responsabilidad extendida del productor obliga a empresas importadoras o productoras de AEE a dar seguimiento a los aparatos colocados en el mercado para su recolección, reacondicionamiento o reciclaje. Finalmente, se nutre del aporte de recicladores, chatarreros y talleres de reparación. Los RAEE clasificados son destinados a empresas de reciclaje de plástico, metales ferrosos, metales no ferrosos y metales preciosos.

Figura 2

Sistema de gestión de RAEE con planta EMAC-EP



Nota: Adaptado de (Ecuador, 2021.)

Capítulo dos

Ingeniería básica del proyecto

De acuerdo a Engineering Design, en esta etapa del proyecto se establece una primera aproximación de la solución al problema planteado, dentro del marco legal, regulatorio y normativo que rige la gestión de las RAEE en el mundo y en el Ecuador.

2.1 Marco normativo sobre gestión de RAEE

2.1.1 Convenio de Estocolmo

En el año 2001, en la sede de las Naciones Unidas, en Estocolmo, Suecia, varios países firmaron un tratado para prohibir o reducir el uso de 12 de las sustancias tóxicas más utilizadas en el mundo, a fin de restringir la producción y uso de los contaminantes orgánicos persistentes fabricados y exportados de manera intencional.

El tratado entró en vigor en el año 2004, especificando 12 sustancias tóxicas. En el año 2009, se incluyó 9 sustancias tóxicas al listado (Estocolmo, 2016)

2.1.2 Sobre los contaminantes Orgánicos Persistentes

SE conoce como contaminantes orgánicos persistentes (COP) a todas aquellas sustancias químicas de origen sintético, que pueden llegar a ser bioacumulables en tejidos humanos y animales; además de biomagnificarse en las cadenas alimentarias, impactando significativamente la salud humana y el ambiente.

Los COP están presentes en los RAEE, especialmente en los retardantes de llama. Ya que los AEE funcionan o conducen electricidad, los retardantes de llama son esenciales para evitar la pérdida total en caso de incendios causado por desperfectos o corto circuitos. Estas comúnmente en las carcasas de los AEE, y en los polímeros que forman parte de los PCB, capacitores, condensadores y transformadores (*Proyecto COP'S – Ministerio del Ambiente y Agua, 2012*).

2.1.3 Marco normativo en el Ecuador

El marco normativo sobre la gestión y disposición final de RAEE debe, por una parte, garantizar la protección de la salud de los habitantes en general, y especialmente de los

recicladores formales e informales involucrados en la recolección de residuos; y, por otra, proteger fuentes hidrográficas, suelo y medio ambiente en general.

Desde 2021, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), ha emitido diversos acuerdos ministeriales. El Acuerdo Ministerial 142, de fecha 21 de diciembre de 2012, formula un listado de las sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales. Entre los desechos peligrosos y especiales se incluye a equipos eléctricos y electrónicos en desuso, que no hayan sido desensamblados, o que sus componentes o elementos constitutivos no hayan sido separados (Vallejo, 2012b).

El Acuerdo Ministerial 161, de fecha 1 de febrero de 2012, incluye el reglamento para la prevención y control de la contaminación por sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales, en el que se reconoce el principio de responsabilidad extendida del productor y la necesidad de su aplicación. Este acuerdo reconoce formalmente la creación de una nueva categoría de desechos, los desechos especiales (Vallejo, 2012a).

Los Acuerdos Ministeriales 190 y 191, de fecha 29 de enero de 2013, detallan la política nacional sobre posconsumo de equipos eléctricos y electrónicos en desuso. Además, establecen la responsabilidad extendida del productor (REP) a importadores y/o fabricantes de celulares, obligándolos a desarrollar planes de gestión integral de RAEE y una meta de recuperación anual del 3% (Núñez, 2013).

En el Reglamento al Código Orgánico Del Ambiente, de fecha 12 de junio de 2019, el artículo 650 reconoce la importancia de la aplicación de la REP, y dispone que, las entidades competentes establezcan los lineamientos para la correcta gestión de productos sometidos a REP, así como las acciones de post consumo (Garcés, 2019). Estas acciones fomentarán el reciclaje y otras formas de valorización, la estimulación de la inclusión social de grupos vulnerables, la promoción de una economía circular, y la ampliación de la vida útil de los sitios de disposición final.

2.1.4 Propuesta de normativa técnica para la gestión integral de RAEE, basada en el principio REP

Esta propuesta tiene como objetivo principal, apoyar a la gestión nacional en el establecimiento de un manejo ambientalmente radical de RAEE, en especial, de aquellos que contienen contaminantes orgánicos persistentes, debido al riesgo que representan para la salud y el ambiente.

El socio implementador es el MAATE, como parte de un proyecto del Centro Regional Basilea para América del Sur, en el que participan de 13 países, incluido Ecuador (*Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica - Presentación de Proyecto Fortalecimiento de Iniciativas Nacionales y Mejoramiento de la Cooperación Regional para el Manejo Ambientalmente Racional de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) en Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) PREAL Ecuador*”, 2018).

De acuerdo a la propuesta, se busca regular ciertas categorías específicas de RAEE de origen domiciliario:

- aparatos de intercambio de temperatura,
- monitores, televisores y aparatos con pantallas de superficie superior a los 100 cm²,
- grandes aparatos con una dimensión exterior superior a 50 cm,
- pequeños aparatos sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm,
- aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm,
- paneles fotovoltaicos.

En el año 2021, este proyecto entró en la fase final y se encuentra en revisión por parte de las máximas autoridades del MAATE:

- revisión de categorías a regular y consideraciones especiales para RAEE doméstico y profesional,
- establecimiento de metas de recuperación,

- Inclusión de recicladoras de base en modelos de gestión,
- Revisión de mecanismos económicos para sostenibilidad de sistemas de gestión denominado ECOVALOR,
- Gestión de RAEE, en el régimen especial de Galápagos.

2.1.5 **A manera de resumen**

La legislación sobre RAEE en cada país, varía en metas y objetivos. En el caso del Ecuador, con base a la categorización de la Directiva del Parlamento Europeo sobre RAEE, se optó por categorizar a los RAEE en 6 grupos; mientras que la REP se introdujo en 2012. La REP existe en países de Norte América, Asia y Europa desde hace ya, varias décadas. La REP tiene por objetivo la gestión adecuada, consiente y responsable de los AEE puestos en el mercado, con intervención directa de la entidad que adquirió, elaboró, construyó, importó o vendió los AEE.

La ingeniería básica de la empresa propuesta se sustentará en estos principios normativos.

2.2 **Diseño del prototipo conceptual de una empresa para el aprovechamiento de RAEE en la ciudad de Loja**

En este apartado se explica los resultados obtenidos en el modelamiento de una empresa dedicada al aprovechamiento de RAEE en la ciudad de Loja, utilizando un modelo de negocio canvas.

Modelo Canvas

El modelo de negocio canvas es una metodología propuesta por Alexander Osterwalder, enfocada en añadir valor a una idea de un negocio (*Osterwalder, A. (2011). Modelo Canvas. Barcelona: Deusto SA Ediciones*). En la práctica, el método se apoya en una representación visual, llamada lienzo, que permite analizar y crear un negocio de manera simplificada (ver figura 3). El lienzo describe de forma lógica la interrelación de 9 puntos críticos en un negocio. Cada punto es clave para la creación, puesta en operación y éxito de una empresa.

Figura 3

Lienzo de modelo de negocios canvas



Nota: Adaptado de (Marcelo et al., 2015.) y (Osterwalder & Pigneur, 2005.)

Uno de los puntos críticos en la operación de una empresa de gestión de RAEE, es el **correcto manejo de estos**, puesto que contienen sustancias químicas peligrosas, que pueden causar daños irreparables a la salud de los seres vivos. Por esta razón, es importante, previo el modelamiento, garantizar los **canales adecuados de acceso y gestión de RAEE en la ciudad**, a través de alianzas estratégicas con empresas públicas y privadas.

En este contexto, una **alianza con el GAD Municipal de Loja** permitirá la **gestión adecuada de los RAEE recolectados a través de los canales de recolección de residuos que administra el GAD**. Por otra parte, podría facilitar el **acceso y utilización de un espacio en el Centro Integral de Manejo de Residuos Sólidos**, administrado por el municipio local. Este **espacio es clave para el desmantelamiento y tratamiento de RAEE**.

Alianza con la empresa de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos VERTMONDE para la adquisición de componentes en buen estado y posterior fabricación de juguetes robóticos.

En este proyecto se ha propuesto utilizar el resultado de reciclado de RAEE para impulsar acciones como la fabricación de juguetes robóticos. Esto **será posible solo si existen los suficientes volúmenes de RAEE para reciclar**. En esta dimensión, la alianza con empresas privadas como Vertmonde, EMAC-EP, permitiría ampliar el volumen de elementos aprovechables o establecer canales complementarios para el desmantelamiento, limpieza y comprobación de componentes que se obtengan de los RAEE.

Obviamente, no se puede dejar de prestar atención a las **acciones de recolección de RAEE a cuenta de la empresa propuesta**.

Una vez que se ha establecido la disponibilidad de volúmenes suficientes de RAEE, se puede modelar la visión empresarial.

2.2.1 Segmento de clientes

La segmentación de clientes es primordial. La segmentación se basa en el conocimiento de la necesidad o demanda del mercado, considerando variables geográficas, demográficas y socioeconómicas. Es necesario diferenciar entre consumidor final y cliente o comprador. El **consumidor final** es el usuario que hace uso del producto o servicio, mientras que el **cliente o comprador** es el usuario que adquiere el producto. El diseño de productos finales debe enfocarse en el consumidor final, sin dejar de lado al comprador con su poder adquisitivo.

Las figuras 4 y 5 muestran la segmentación de mercado para dos potenciales productos de la empresa: juguetes robóticos y metales recuperados en el reciclaje de RAEE

Figura 4

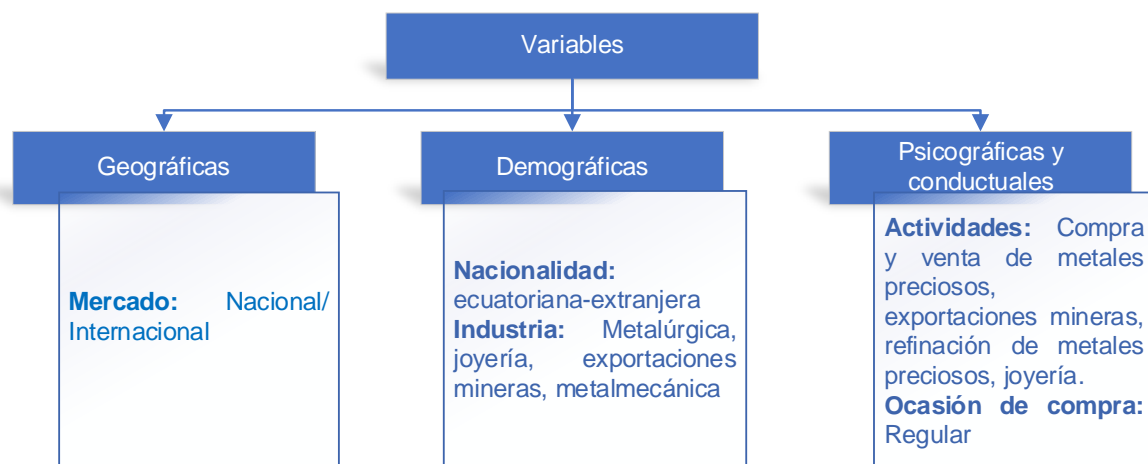
Segmentación de mercado para el producto “juguetes robóticos”.



Nota. Adaptado de (Vásconez et al., 2020)

Figura 5

Segmentación de mercado para el producto “metales recuperados en el reciclaje de RAEE”.



Nota. Adaptado de (Vásconez et al., 2020)

2.2.2 Propuesta de valor

La **propuesta de valor** es clave en el lienzo. La propuesta de valor recoge los bienes y/o servicios que satisfacen las necesidades y requerimientos de clientes y/o consumidores finales, y que se convierten en la ventaja (o desventaja) competitiva de la empresa. La propuesta de valor se formula con base a la reflexión sobre elementos como la relación entre precio y calidad, la novedad del producto, el nivel de innovación; la personalización, la garantía y diseño o beneficios. Por su parte, el **valor agregado** de un producto es ese pequeño detalle que lo diferencia de los demás.

En el caso de este proyecto, es necesario definir 2 propuestas de valor, una para cada segmento de mercado. Estas propuestas de valor se basarán en el impacto económico, social y ambiental del reciclaje de RAEE y el reuso de componentes eléctricos y electrónicos en condiciones óptimas de funcionamiento.

Figura 6

Propuesta de valor para el producto “juguetes robóticos”.



La propuesta de valor para el producto “juguetes robóticos” se centra en que, desde la base de una economía circular, se oferta productos robóticos ensamblados con componentes recuperados del reciclaje de RAEE, con calidad igual o superior a los productos disponibles en el mercado, y en el formato de kits personalizados y partes impresas con tecnología 3D (ver Figura 6). La propuesta de valor para el producto “metales recuperados” en el reciclaje de RAEE, se enfoca en la provisión al mercado nacional, de los metales requeridos, en los volúmenes y plazos requeridos, y con la misma calidad del producto en el mercado internacional.

Figura 7

Propuesta de valor para el producto “metales recuperados del reciclaje de RAEE”.



2.2.3 Relación con clientes

La relación de la empresa con los clientes determina, en gran parte, el éxito de esta. El objetivo fundamental de la relación es establecer de forma clara y medible las expectativas del cliente respecto a un producto. Implementando un seguimiento personalizado pre y post venta, con el fin de satisfacer las necesidades y resolver las inquietudes de los clientes y consumidores finales. La creación colectiva y la comunidad de usuarios por su parte, permitirá mediante comentarios y reseñas en el sitio web o red social, conocer el nivel de satisfacción de los clientes y consumidores finales.

Por una parte, para la venta de juguetes robóticos se implementará una página web y una fan page en redes sociales para dar a conocer los servicios y productos. Se contará con una asistencia personal física o virtual para brindar de mejor manera la ayuda y soporte que el cliente y consumidor final requiera.

Por otro lado, para la venta de productos derivados del reciclaje de RAEE, se contará con una página web para dar a conocer los servicios y productos que se ofrezcan. La ayuda y soporte que el cliente requiera se brindará de manera virtual y física mediante los diferentes canales de comunicación. La página web contará con pestañas o ventanas emergentes que

aterrizarán en los diferentes canales virtuales que se hayan implementado, así mismo aterrizarán en las distintas redes sociales en caso de que estas existieran.

2.2.4 Canales

Se conoce como canales a los medios que la empresa usa para gestionar el relacionamiento con los clientes.

Los diferentes canales que se llegasen a implementar permitirán a la empresa construir una relación sólida con el cliente. Así, en caso de necesitar ayuda o soporte en cualquiera de las dos opciones de negocio, los clientes podrán hacerlo mediante los sitios web o fan page de las redes sociales.

El **canal de ventas** es el medio a través del cual la empresa vende sus productos o servicios. Dada la naturaleza de los productos ofertados, la empresa utilizará diferentes formatos. Así, para la comercialización de los juguetes robóticos se utilizará un conjunto híbrido de canales: e-commerce y presencia en centros comerciales.

La comercialización de metales recuperados se puede realizar con el estado, pequeños compradores de oro, joyerías, entre otros. Para la comercialización de oro con el estado, se cumplirá con la reglamentación establecida por el Banco Central del Ecuador (BCE) y se observará los precios oficiales establecidos por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. El BCE compra oro de procedencia lícita, siempre y cuando se obtenga un derecho minero, se cumpla con el pago de las obligaciones tributarias, no se esté inmerso en delitos de lavado de activos, y se esté registrado y autorizado como agente económico en el BCE.

El **canal de distribución** será de tipo directo y electrónico, mientras que el **canal de comunicación** explotará todos los recursos de la tecnología moderna, sin dejar de lado iniciativas como **showrooms** o **Makers Cafe**.

2.2.5 Fuentes de ingreso

Las fuentes de ingreso permiten a la empresa obtener los recursos suficientes para cubrir las inversiones de arranque, los costos de operación y generar excedentes para ampliaciones futuras y rentabilidad.

Para el proyecto en desarrollo, el portafolios de fuentes de ingresos incluye:

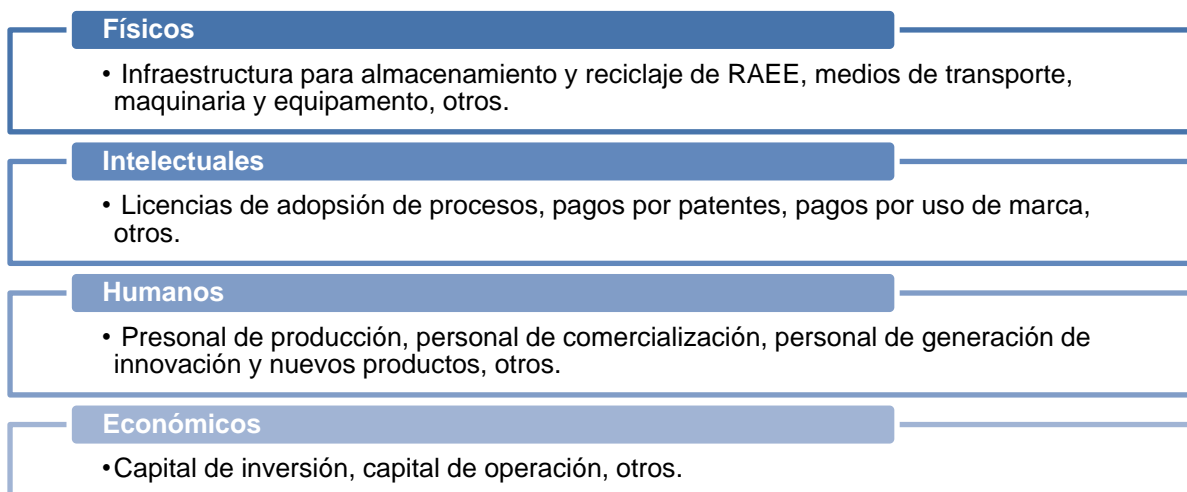
- Venta directa de juguetes robóticos,
- Venta directa de metales recuperados,
- Venta de otros subproductos del reciclaje de RAEE,
- Venta de servicios ambientales y otros aplicables,
- Otros a desarrollar.

2.2.6 Recursos clave

Los recursos clave representan aquellos requerimientos sin los cuales, la implementación y operación de la empresa no son factibles. La figura 8 resume los recursos clave identificados para la empresa propuesta.

Figura 8

Recursos clave



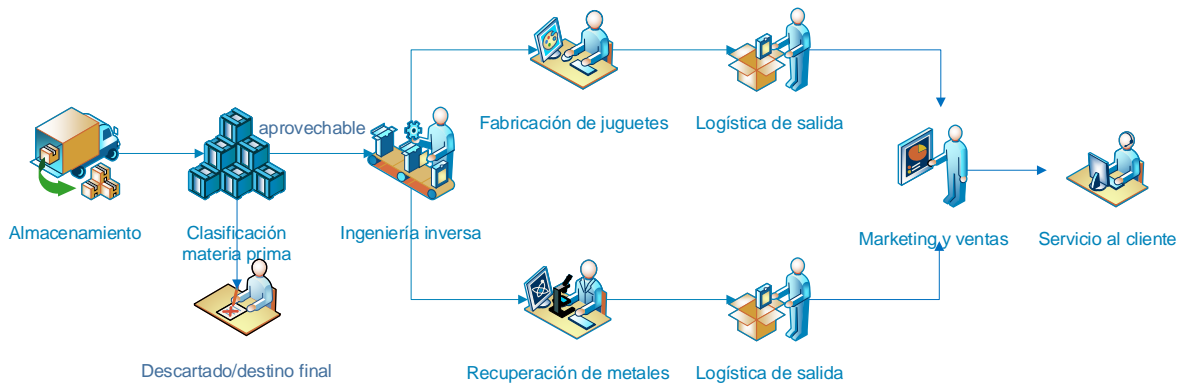
Nota. Adaptado de (Vásconez et al., 2020)

2.2.7 Actividades clave

Las actividades clave representan las acciones más importantes que la empresa debe ejecutar. La figura 9 muestra la cadena de valor de la empresa, que resume las actividades clave.

Figura 9

Cadena de valor de la empresa propuesta.



La etapa de **almacenamiento** incluye la recolección, transporte y ubicación de los RAEE en el territorio de la empresa.

En la etapa de **clasificación**, el material se inspecciona para una primera derivación entre material aprovechable y no aprovechable.

El material aprovechable pasa a la etapa de **ingeniería inversa**, en el que se evalúa y ejecuta la recuperación de componentes. El material, cuyos componentes no son aprovechables, se deriva hacia la recuperación de metales. Esta etapa puede incluir la movilización de componentes recuperados hacia un espacio de producción de juguetes, ubicado lejos del espacio de almacenamiento de RAEE.

En la etapa de **fabricación de juguetes**, los componentes recuperados se testean, se aprueban y se ensamblan en los juguetes, de acuerdo con los diseños existentes. Esta etapa incluye también las pruebas de calidad requeridas.

En la etapa de **logística de salida - juguetes** se realizará el empaquetamiento y almacenamiento preventa de los juguetes robóticos.

En la etapa de **recuperación de metales** se recuperan los metales priorizados, de acuerdo con el tipo de RAEE.

En la etapa de **marketing y ventas** se realizará producción audiovisual de los diferentes productos de las 2 ideas de negocio. También se realizará la comercialización de los productos con una preventa y una venta directa cuando los productos se encuentren disponibles.

En la etapa de **servicio al cliente** se da soporte y ayuda con el o los productos que han sido adquiridos. El soporte y ayuda para los juguetes robóticos será para asesoramiento de compra, personalización y reparación. Para los productos derivados del reciclaje de RAEE será para asesoramiento de compra, control de calidad del material vendido y visitas técnicas a la planta.

2.2.8 **Socios clave**

Los socios clave, las alianzas clave, son fundamentales para la operación sostenible de la empresa. Estas alianzas pueden hacerse con actores públicos o privados.

En el caso de este proyecto, se ha mapeado como socios clave a:

- GAD Municipal del Cantón Loja,
- Otros GADs del Ecuador,
- Vertmonde,
- Insani.
- PRENDHO,
- Otros

2.2.9 **Estructura de costes**

La estructura de costos de una empresa está conformada por costos fijos, costos variables, costos de producción, gastos administrativos, gastos de publicidad, gastos de alquiler, entre otros.

Para este proyecto, se ha identificado como costos: alquiler de inmuebles para oficinas, sueldos de empleados, servicios básicos, impuestos, materia prima, insumos de producción, equipo de seguridad, transporte, gastos administrativos, gastos de publicidad.

Capítulo tres

Estudio técnico

En este capítulo se revisa los resultados obtenidos en la ingeniería de detalle de la empresa propuesta, con el objetivo de reconocer todos los requerimientos para que el proyecto sea exitoso (Parra et al, 2008).

3.1 Cálculo de capacidad de la planta

Capacidad óptima

Para (Cajigas et al., 2019), la **capacidad de producción** de una empresa es uno de los factores principales que rigen la organización operativa de la misma- Con base a la capacidad de producción se elabora el portafolios de productos, de acuerdo a determinados criterios como estructura interna, funcionalidad, calidad y cantidad de productos exigidos por los clientes.

Para determinar la capacidad de producción de la empresa propuesta, se requiere conocer la cantidad de AEE en el mercado, los RAEE generados, la población del país, la población de la ciudad o el cantón. Según (Wagner et al., 2022), en el año 2019, en el Ecuador se puso en el mercado, un total aproximado de 130,000 toneladas de AEE, y se generó un total de 87,575 toneladas de RAEE. Según (Censos, 2013.), al año 2019, la población del Ecuador fue de 17'230,197 habitantes. Para el año 2020, un total de 521,154 personas habitaban la provincia de Loja, de los cuales 274,112 vivían en ciudad de Loja.

En la ciudad de Loja no existe información detallada ni precisa sobre la gestión de RAEE, por lo que de acuerdo con (Felipe & Mora, 2020.), es necesario realizar una proyección con base a la cantidad de RAEE generada en un año en específico. La tabla 4 muestra la proyección de generación de RAEE en el año 2020, respecto a la información disponible del 2019. Con la intención de profundizar en la caracterización de la generación de RAEE en la ciudad, se decidió explorar la información disponible en la Universidad Técnica Particular de Loja, sede Loja, organización que por su naturaleza, crecimiento y proyección es una de las

principales demandantes de AEE en la ciudad, cantón y provincia. La tabla 5 detalla los RAEE generados en los últimos años en UTPL.

Tabla 4

Proyección de RAEE generado en el 2020 en el cantón Loja

Año	País/Ciudad	Población	RAEE generado (toneladas/año)
2019	Ecuador	17'230,197	87,575
2020	Loja (zona urbana)	274,112	1171.21

Nota. Elaboración propia

Tabla 5

RAEE generado en la Universidad Técnica Particular de Loja en los últimos años.

Categoría	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total general (unidades)
Equipo Informático	122	458	1,063	280	733	171	465	191	295	3,778
Equipo de Oficina		142	214	77	10	16	7	12	16	494
Equipo de Telecomunicaciones	1	50	203	41	12	10	16	21	6	360
Equipo de Laboratorio		117	90	9	40	10	4	10	45	325
Electrodomésticos	11	53	97	16	4	11	1	3	19	215
Equipo Eléctrico		27	33	12	6	12	5	28	15	138
Maquinaria de Producción		12	21	2	3	2	1	3	4	48
Red Telefónica		5	3		1					9
Equipo Industrial					2			1	2	5
Total general	134	864	1,724	437	811	232	499	269	402	5,372

Nota. Cantidad de AEE que han sido enajenados

Tal como lo muestra la tabla 5, en lo que va del 2022, la UTPL enajenó 402 dispositivos. El total, desde 2014 se ha enajenado 5372 dispositivos. La tabla 6 muestra un extracto de los AEE adquiridos y enajenados. Muchos de los dispositivos enajenados llevaban en inventario entre 10 y 15 años.

Tabla 6

AEE adquiridos hace más de 10 años con estado activo y enajenados en determinadas fechas

Ítem	Estado	fecha de adquisición	fecha de enajenación
Impresora m119d epson	Enajenado	07/11/2000	29/10/2014
Cpu think centre 8191-65s ibm	Enajenado	9/02/2004	29/10/2014
Cpu dc 5000 sff hewlett packard	Enajenado	7/01/2008	29/10/2014
Monitor e54 6331-a2e ibm	Enajenado	9/11/2000	30/9/2015
Cpu computador dc7800bm hp	Enajenado	5/09/2011	20/11/2019
Cpu computador dc7800bm hp	Enajenado	15/09/2011	13/3/2020
Impresora tmu 220-pd epson	Activo	10/05/2005	NA
Scanner voyager9520	Activo	30/09/2005	NA
Computador portatil think pad 2373-8ul t40 ibm	Activo	28/09/2006	NA
CPU 8149-KSM IBM	Activo	7/05/2008	NA

Nota. Breve explicación de AEEs adquiridos hace más de 10 años con estado activo y enajenados hasta el 2022.

La tabla 7 muestra los AEE adquiridos por la UTPL entre 2013 y 2022, los mismos que superan fácilmente las diez mil unidades. La inexistencia de una frecuencia estable de enajenación de AEE impide realizar una aproximación confiable de generación de RAEE. Por esta razón, para calcular la capacidad de producción de la empresa propuesta, se utilizará como base la información mostrada en la tabla 4.

Tabla 7

Cantidad de AEE adquiridos por la Universidad Técnica Particular de Loja, entre 2013 y 2022.

Categoría	Año										Total general
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Equipo informático	541	1,112	177	476	1,486	143	567	307	758	38	5,605
Equipo de Oficina	1,038	65	66	25	35	37	85	31	3	1	1,386

Equipo de Telecomunicaciones	132	327	70	307	97	63	147	93	57	19	1,312
Equipo de Laboratorio	71	90	167	62	51	136	147	83	171	16	994
Equipo Eléctrico	33	50	27	32	60	47	76	83	112	20	540
Electrodomésticos	19	33	38	39	33	57	66	28	29	5	347
Equipo Industrial	5	5	3	5	5	12	4	13	14	1	67
Maquinaria de Producción	2		8	5	4	1		2			22
Ascensores y Elevadores		2	3			2	1	10			18
Red Telefónica	1			1			4	2	1		9
Equipo Deportivo			2						1		3
Total general	1,842	1,684	561	952	1,771	498	1,097	652	1,146	100	10,303

Nota. Cantidad de AEE adquiridos que se encuentran en estado activo en las instalaciones de la Universidad Técnica Particular de Loja desde el año 2013 hasta el año 2022.

Según (Felipe & Mora, 2020.), la **capacidad de aprovechamiento de la planta** se calcula de acuerdo a la ecuación (1):

$$CP = (\text{capacidad de producción diaria de la planta} * 100) / AP \quad (1)$$

En donde

CP, es la capacidad de aprovechamiento de la planta.

AP, es la cantidad de RAEE que la planta aprovechará diariamente.

Por su parte, AP se define de acuerdo con la ecuación (2) como:

$$AP = \text{RAEE generado en la ciudad de Loja anualmente} / \text{días de trabajo al año} \quad (2)$$

En una planta que opere de lunes a viernes, se completarán 260 días de trabajo, de tal forma que AP se estima en 4,5 toneladas por día, aproximadamente.

Para una capacidad de producción de 1 tonelada diaria, establecido de acuerdo con la experiencia de algunas personas involucradas en el reciclado actual, la CP se calcula en 22%.

Capacidad real o efectiva

La **capacidad real o efectiva (CE)** se calcula tomando en cuenta la cantidad de RAEE que no se puede aprovechar en el proceso, que según (Felipe & Mora, 2020.) corresponde al 20.24% de los componentes. De tal forma, la CE se determina a través de la expresión (3).

$$\text{CE} = 1 \text{ tonelada diaria} * (100\% - 20.24\% \text{ de materia prima aprovechable}) \quad (3)$$

Por lo tanto, la CE de la planta es de 0.79 toneladas diarias.

3.2 Localización de la planta

La planta procesadora debe ubicarse en un sitio estratégico, que en el caso de la ciudad de Loja puede referirse a 2 potenciales ubicaciones.

Por una parte, el Parque Industrial está situado al norte de la ciudad, con una extensión de 21 hectáreas. Tiene una capacidad de 133 lotes, con áreas entre 300 y 2500 metros cuadrados. El parque está destinado a industrias no metálicas, de maderas, de papel textil, de metal mecánica, de mecánica automotriz y latonería; lavadoras y lubricadoras, de productos químicos y plásticos e industrias alimenticias.

Por otra parte, de acuerdo a (Terán Córdova, 2019.), en el Centro de Gestión Integral de residuos sólidos de la ciudad, existe espacio para implementación y creación de una planta, de al menos 1300 metros cuadrados.

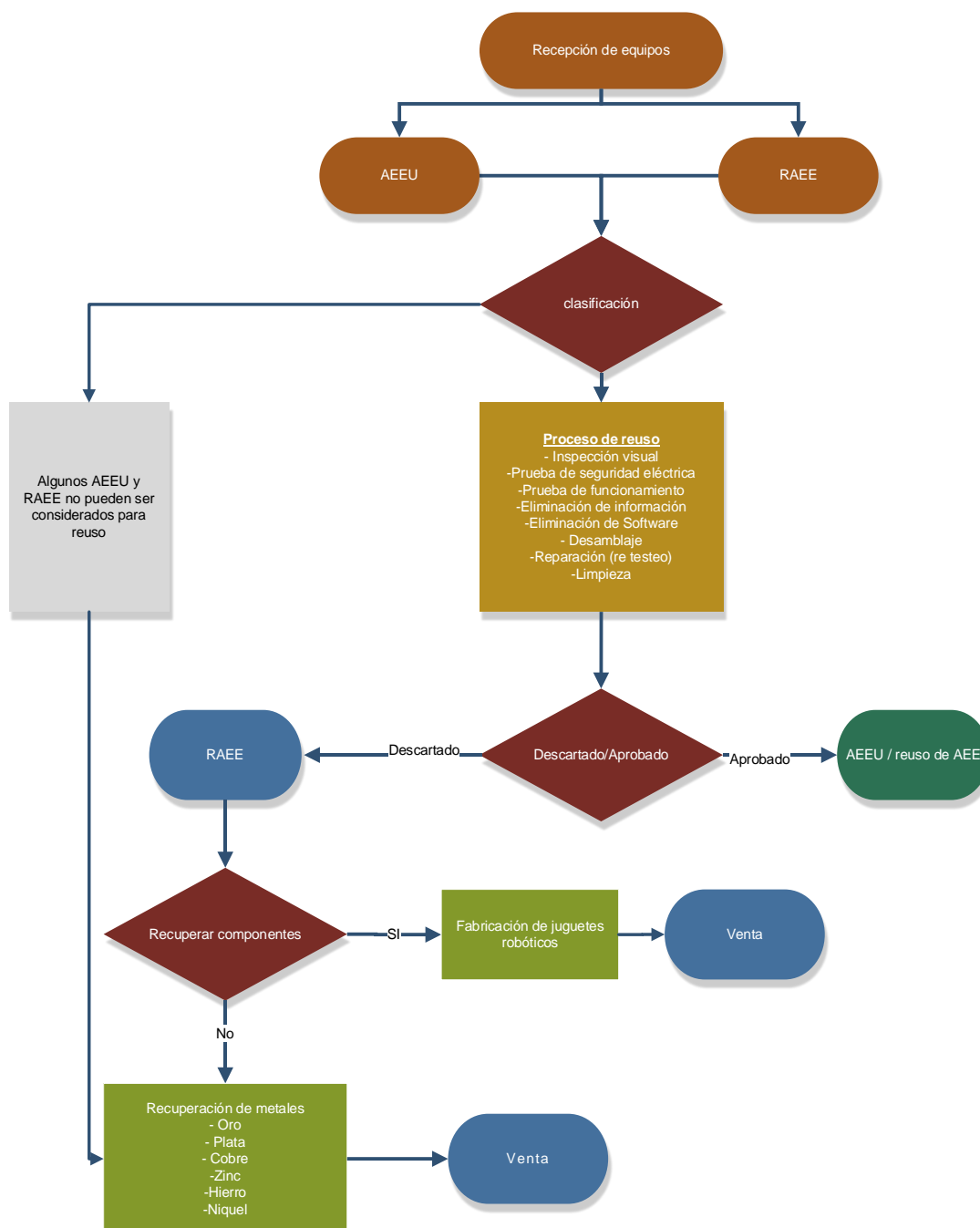
Considerando las particularidades de este proyecto, el centro de gestión integral de residuos es ideal para la implementación de una empresa de reciclaje de RAEE, puesto que facilitaría la obtención de la materia prima, en convenio con el GAD, reduciendo los costes de transporte de los RAEE.

3.3 Organización de la producción

En este apartado se explica la organización de producción para cada una las opciones de negocio. Esta descripción parte de la existencia de la infraestructura física, equipamiento y disponibilidad de personal capacitado. Los procesos serán un mix entre manuales y automatizados. La materia prima se obtiene del GAD o de una empresa de reciclaje.

Figura 10

Diagrama del proceso de clasificación de materia prima

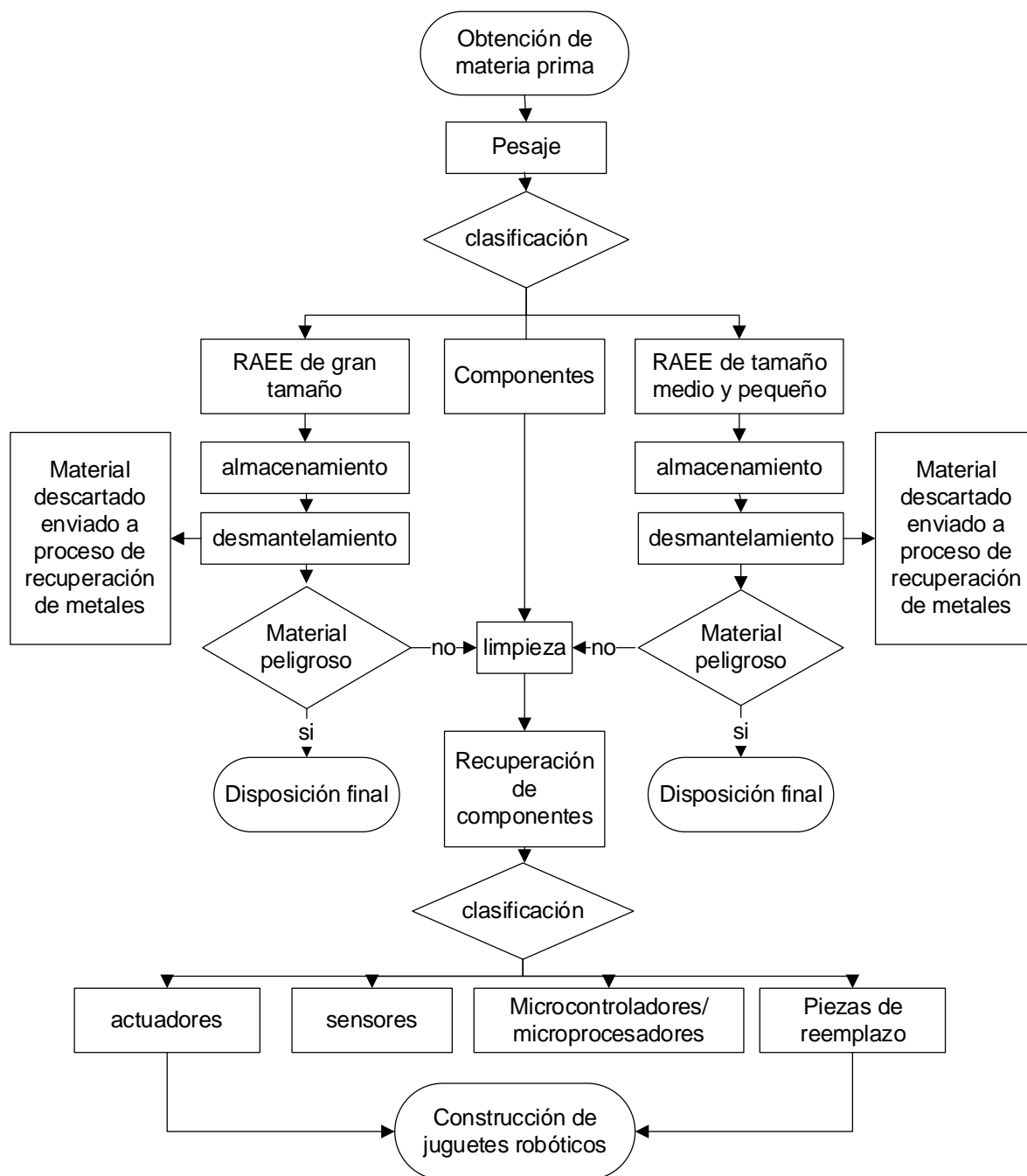


La figura 10 muestra el proceso de clasificación de materia prima. En una primera etapa, tanto RAEE como AEE usados (AEEu) se someten a una preinspección para identificar aquellos aptos para el reuso en la recuperación de componentes. Los que no cumplen con los criterios de esta preclasificación, se derivan hacia la etapa de recuperación de metales.

Los RAEE y AEEu preseleccionados, se someten a protocolos para determinar los componentes en buen estado físico, eléctrico o electrónico, que se emplearán en la fabricación de juguetes robóticos (ver figuras 11 y 12). Los RAEE, cuyos componentes no estén en buen estado, se destinarán al proceso de recuperación de metales (ver figura 13).

Figura 11

Flujograma del proceso de obtención de componentes para la fabricación de juguetes robóticos



Nota. Elaboración propia

La **materia prima se obtiene** con base al sistema existente de gestión de residuos del GAD, a partir del centro integral de gestión de residuos de la ciudad. Además, se prevé la recepción de AEEu y RAEE proporcionados por personas o empresas recicladoras o captados en puntos de entrega y recolección ubicados en zonas específicas de la urbe.

Una vez obtenidos los RAEE, estos serán **pesados** en básculas y **clasificados provisionalmente** en 3 grupos: de gran tamaño, de tamaño medio y pequeño, y componentes dispersos.

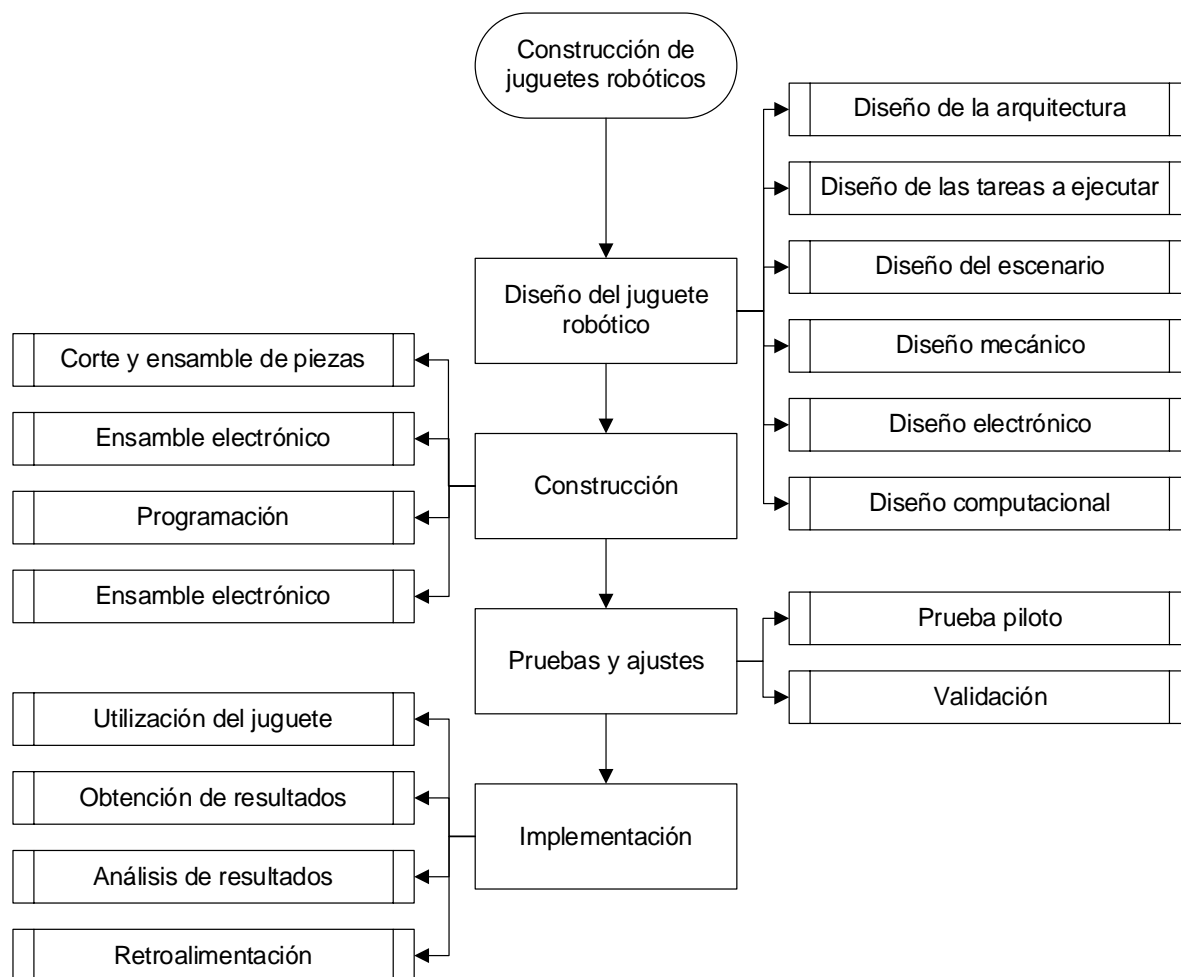
Los RAEE se **almacenarán** en espacios acondicionados para impedir la filtración de químicos o líquidos. El almacenamiento preverá la fácil localización y transporte hacia las líneas de producción.

El **desmantelamiento** será completo y deberá observar la identificación de materiales peligrosos. La **limpieza** de componentes es fundamental: se debe limpiar a profundidad cada uno de los lotes de componentes después del desmantelamiento. Los componentes limpios pasan a una banda transportadora, en gavetas de plástico, hacia el siguiente proceso.

En la etapa de **corte** se verifica que las placas de circuito impreso no contengan cables ni periféricos adheridos, puesto que podrían ocasionar daños o perjudicar los procesos siguientes. Se cortan las PCB para reducir su tamaño y extraer componentes que no hayan sido correctamente clasificados en procesos anteriores. El **corte, molienda, separación magnética y separación electrostática** se realizan en un solo proceso utilizando maquinaria adecuada para reducir tiempo y costo. El producto final es una especie de polvo concentrado, que contiene los diferentes metales ser recuperados a través de procesos químicos.

Figura 12

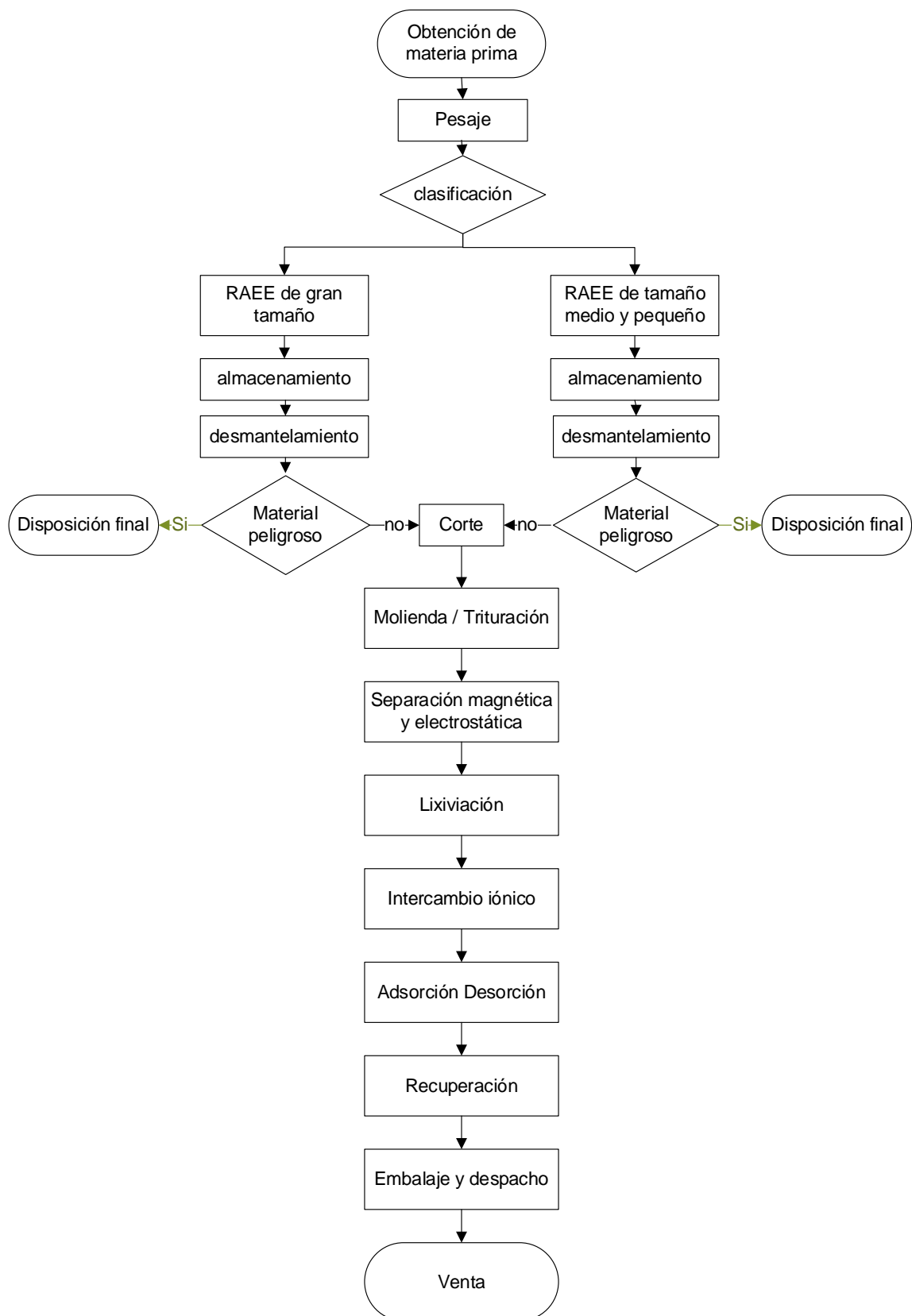
Flujograma del proceso de fabricación de juguetes robóticos con componentes obtenidos



Nota. Adaptado de (Romero, J.D.S. 2017)

Figura 13

Flujograma del proceso para recuperación de metales



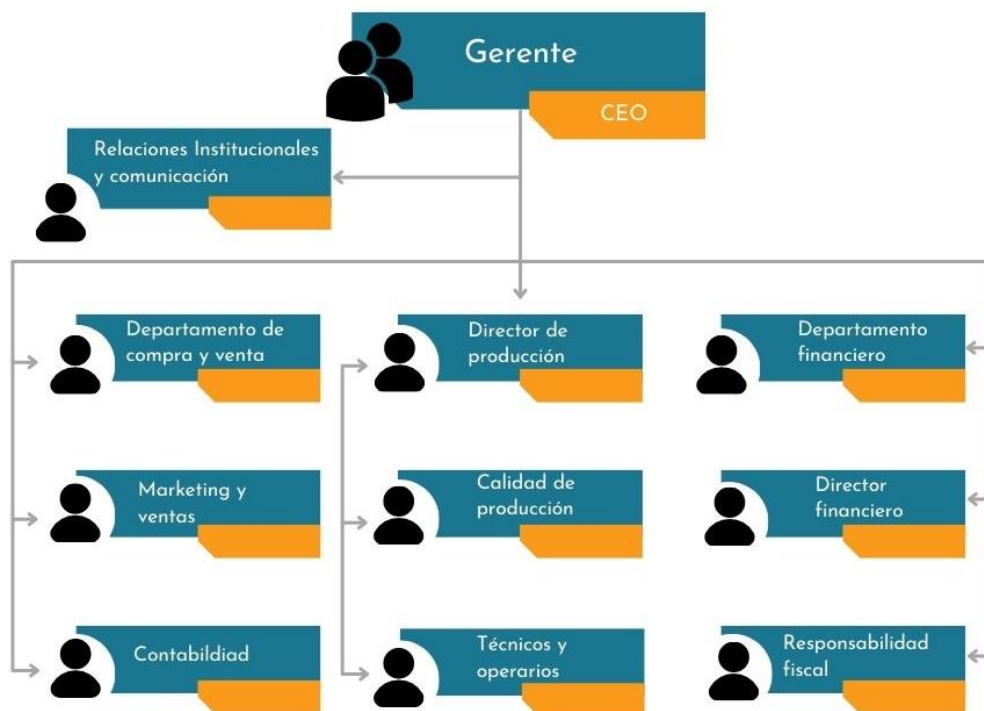
Nota. Elaborado con datos tomados de (Hernán et al., 2021)

3.4 Arquitectura organizacional

La arquitectura organizacional es de vital importancia para cumplir con los objetivos empresariales. La figura 14 muestra el organigrama propuesto para la empresa de reciclaje de RAEE.

Figura 14

Arquitectura organizacional de la empresa propuesta



3.5 Modelo de negocio

Las figuras 15 y 16 muestran el modelo de negocio de la empresa propuesta, diferenciados en función del producto. Básicamente los modelos son los mismos, pero si diferencian en ciertos bemoles en dependencia del giro del producto.

Figura 15

Modelo de negocio para el producto de juguetes robóticos

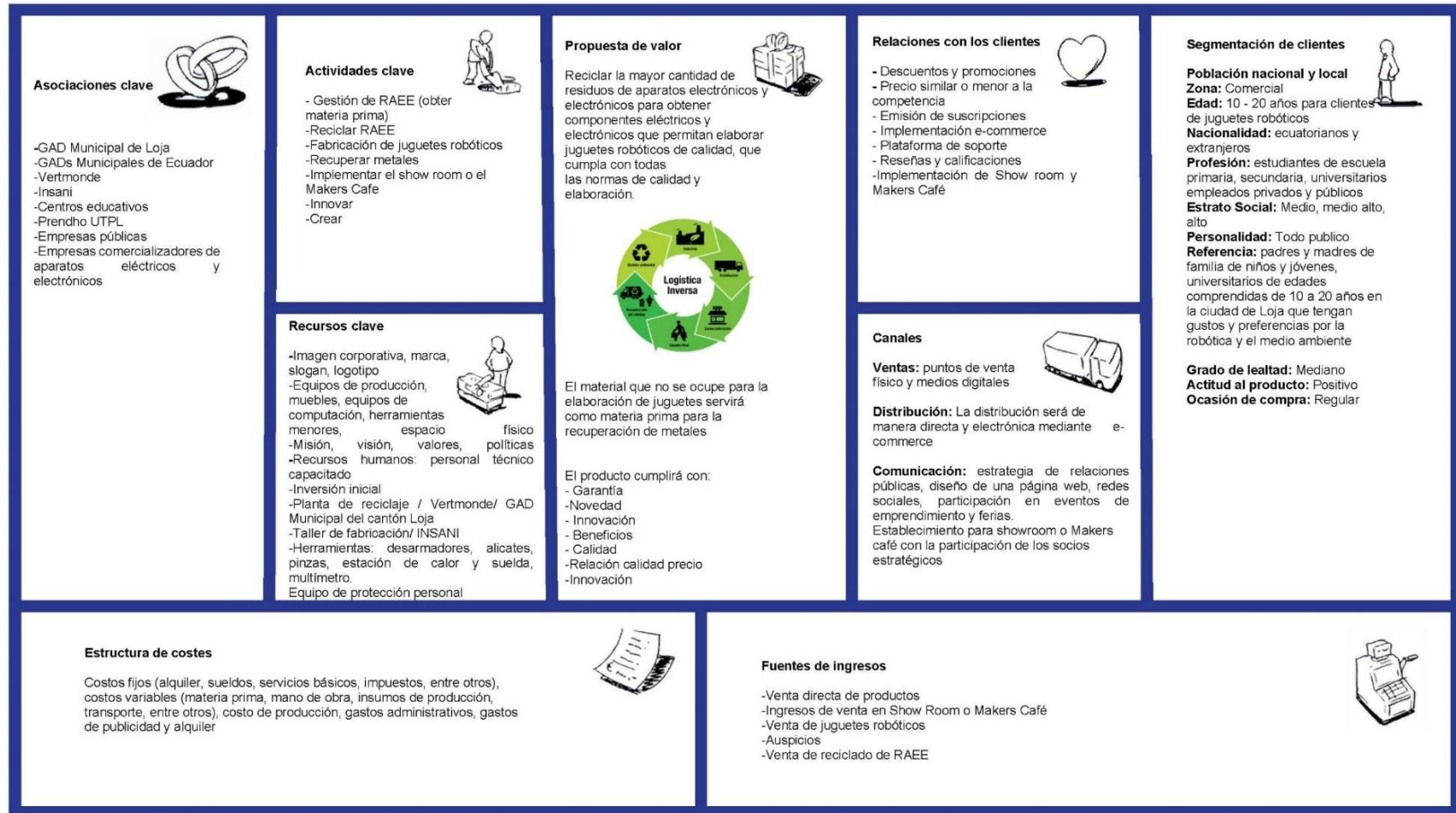
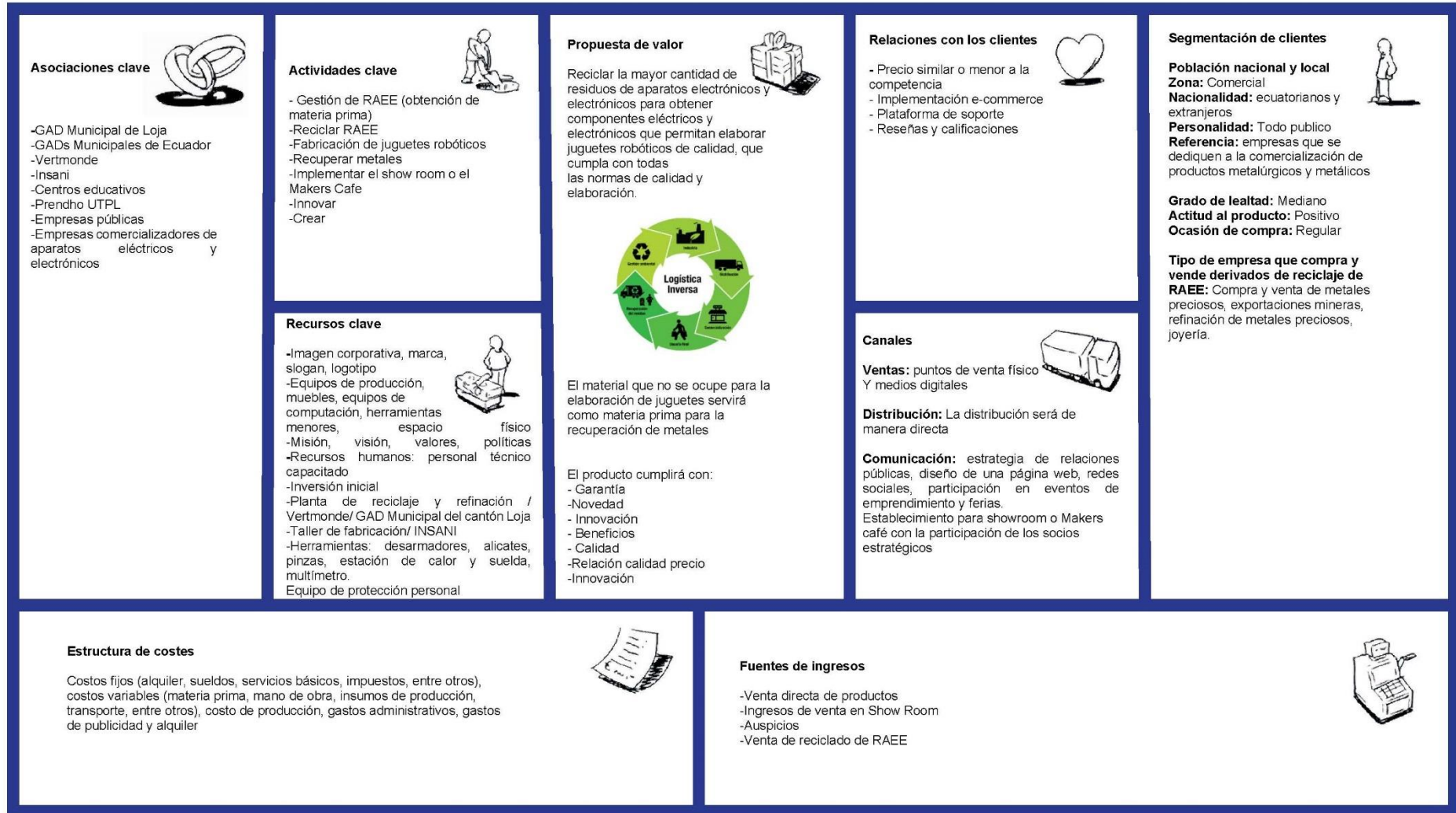


Figura 16

Modelo de negocio para productos derivados del reciclaje de RAEE



Conclusiones

Se evidenció que la composición de metales en los RAEE es, de al menos, el 40% con respecto a su peso. Estos metales pueden ser recuperados con una alta rentabilidad.

Se estableció que, apenas el 17.4% del RAEE generado en todo el mundo se ha reciclado y documentado de forma correcta; mientras que, el 82.6% restante se presume que termina en países como Nigeria, Ghana, China. En estos países prospera el reciclaje y obtención de metales sin normas de bioseguridad alguna.

Se mostró que, según el monitoreo regional de RAEE para América Latina, hasta el 2019, Ecuador generó un total de 87.575 toneladas de RAEE, de los cuales, solo el 4% se documentó como reciclado de manera adecuada.

Se determinó que, en julio del 2022, en Ecuador se emitió el primer instructivo para la aplicación de responsabilidad extendida del productor en la gestión integral de RAEE de origen doméstico. Este instructivo tiene como objetivo principal establecer obligaciones, instrucciones e instrucciones específicas para la aplicación de la responsabilidad extendida del productor, con la que se pretende gestionar de forma ambientalmente amigable, al menos 700 toneladas de RAEE hasta el año 2024.

El estudio de prefactibilidad tuvo que superar dificultades relacionadas a las restricciones existentes por la pandemia causada por el covid 2019, los secretos industriales de las empresas que gestionan RAEE en Ecuador, y la ausencia casi completa de información completa y confiable sobre la generación de RAEE en el GAD Loja. Sin embargo, se estableció al menos 3 potenciales opciones para la obtención de materia prima, 2 modelos de negocio orientados a la fabricación de juguetes robóticas y a la recuperación de metales; a partir del reciclado de RAEE; y, se definió los procesos productivos para las 2 opciones de negocio.

Recomendaciones

La etapa de factibilidad de esta propuesta debe basarse en la correcta y completa recolección de información sobre AEE y RAEE generados, para lo que se requiere de la participación activa del GAD Municipal o de los productores y/o comercializadores de AEE en la zona de interés.

que se genera mensual, trimestral, semestral y anualmente, con el fin de elaborar un proyecto piloto para el reciclaje de RAEE.

Referencias

- Benavidez, V. (2016). *Modelo de negocio basado en CANVAS para un proyecto de implementación de un parque de diversiones infantiles en la ciudad de Cuenca*. 161.
- Censos, I. N. de E. y. (2013). *Proyecciones Poblacionales*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Recuperado 27 de julio de 2022, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- Censos, I. N. de E. y. (2020). *Tecnologías de la Información y Comunicación-TIC*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/tecnologias-de-la-informacion-y-comunicacion-tic/>
- CHILE, M. (2022). *Bienvenido a @MidasChile Minería Urbana con Energía Solar*. WELCOME TO CHILEAN URBAN MINING USING solar energy. Recuperado 26 de mayo de 2022, de <https://midaschile.com/>
- Chile Recicla. (2009). Recuperado 26 de mayo de 2022, de <http://www.chilerecicla.com/index.html>
- CORPORACIÓN DEVESA DE VENEZUELA, C.A. (2022). Recuperado 27 de julio de 2022, de <http://pymesvenezuela.com/ficha/corporacion-devesa-de-venezuela-ca-100905>
- Cruz, O., Frank, J., Terrones, S., Edwin, M., de la Puente, R., Enrique, E., Silupu, C., & Manuel, W. (2019). *Economía circular en residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. *Revista de Ciencias Sociales (RCS)*, XXV(4), 196–208.
- De, C., Química, I., de Oro, R., De, A. P., & De, T. (2018). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS INGENIERA QUÍMICA AUTORA: KARLA NATHALY GARCÉS VILEMA*.
- ECORECICLAJE INTEGRAL 2008, C.A. (2022). Recuperado 27 de julio de 2022, de <http://pymesvenezuela.com/ficha/ecoreciclaje-integral-2008-ca-141579>
- EJOLT. (2018). *Guiyu National Circular Economy Industrial Park, Guangdong, China | EJAtlas*. Environmental Justice Atlas. Recuperado 30 de junio de 2022, de <https://es.ejatlases.org/conflict/guiyu-national-circular-economy-industrial-park/>

- Estocolmo, content. (2016, octubre 26). *Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes*. Observatorio Del Principio 10. <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convenio-estocolmo-contaminantes-organicos-persistentes>
- E-Waste Recycling | Mint Innovation*. (2022). Recuperado 29 de junio de 2022, de <https://www.mint.bio/>
- Fortech Costa Rica—Tecnologías para transformación sostenible*. (2020). Recuperado 2 de junio de 2022, de <https://fortech.cr/>
- Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). *Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos 2020*. 120.
- Fundadora, R. M. G. G. y S. (2021). *Recycle Honduras*. Recycle Honduras. Recuperado 2 de junio de 2022, de <https://www.recyclehonduras.com/>
- Garcés, L. M. (2019). *Decreto Ejecutivo 752 Registro Oficial Suplemento 507 de 12-jun.-2019 Estado: Vigente*. 192.
- Grupo Mario Bravo, G. M. B. (2020). *GMB – Grupo Mario Bravo*. Recuperado 22 de mayo de 2021, de <http://grupomariobravo.com/>
- Hernán, H., Avella, B., Mauricio, D., & Doza, V. (2021). Propuesta de un Modelo de Negocio para Refinación de Metales Preciosos a partir de Residuos Electrónicos.
- Home page | Veolia UK*. (2022). Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://www.veolia.co.uk/>
- Intercia | Guayaquil | Empresa de Reciclaje*. (2021). Intercia. Recuperado 14 de mayo de 2021, de <http://www.intercia.com>
- Loja ejemplo en reciclaje y clasificación de residuos | Municipio de Loja*. (2018). Recuperado 16 de septiembre de 2021, de <https://www.loja.gob.ec/noticia/2018-05/loja-ejemplo-en-reciclaje-y-clasificacion-de-residuos>
- Loja recibe premio por aprovechamiento de residuos sólidos | Municipio de Loja*. (2014). Recuperado 19 de julio de 2022, de <https://www.loja.gob.ec/noticia/2014-10/loja-recibe-premio-por-aprovechamiento-de-residuos-solidos>

- Lu, C., Zhang, L., Zhong, Y., Ren, W., Tobias, M., Mu, Z., Ma, Z., Geng, Y., & Xue, B. (2015). *An overview of e-waste management in China. In Journal of Material Cycles and Waste Management (Vol. 17, Issue 1). Springer Japan.*
<https://doi.org/10.1007/s10163-014-0256-8>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica—Presentación de Proyecto Fortalecimiento de Iniciativas Nacionales y Mejoramiento de la Cooperación Regional para el Manejo Ambientalmente Racional de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) en Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) PREAL Ecuador”. (2018).
- NewLife E-Waste Recycling – Reciclamos Residuos Eléctricos y Electrónicos. (2020). Recuperado 27 de julio de 2022, de <https://www.newlife.com.uy/>
- Nosotros | Recelca. (2022). Reciclajes DMT. Recuperado 27 de julio de 2022, de https://www.recelca.com/es_GT/nosotros
- Núñez, L. T. (2013). ACUERDO No. 191 LA MINISTRA DEL AMBIENTE. 34.
- Paniagua, D. K. B., Granados, A. H., Cruz, E. B. D., Villavicencio, K. G. C., & Valencia, H. M. (2020). Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). *ENERLAC. Revista de energía de Latinoamérica y el Caribe*, 4(2), 108-131.
- Parra, M. E. L., Navarro, M. N. G., Osobampo, C. S., Cano, M. A., & Chang, M. R. G. (2008). Estudio Técnico. Elemento indispensable en la evaluación de proyectos de inversión. *Presentación de Proyecto Fortalecimiento de Iniciativas Nacionales y Mejoramiento de la Cooperación Regional para el Manejo Ambientalmente Racional de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) en Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) PREAL Ecuador”.* (2019).
- ProGEAS | Reciclado. (2022). http://progeas.com.ar/?page_id=930
- Proyecto COP'S – Ministerio del Ambiente y Agua. (2012). Recuperado 21 de mayo de 2021, de <https://www.ambiente.gob.ec/proyecto-cops/>
- Raee-Recicla. (2019). Recuperado 26 de mayo de 2022, de <http://www.raee-recicla.com/>
- RECACEL. (2022). Recuperado 2 de junio de 2022, de <https://recacel.com/>

- Red Nacional de Recicladores del Ecuador.* (2020). Red Nacional de Recicladores del Ecuador. Recuperado 22 de mayo de 2021, de <https://renarec.com/>
- Reverse Logistic Group.* (2022). Reverse Logistics Group | PE. Recuperado 27 de julio de 2022, de <https://rev-log.com/pe/nosotros/>
- R.P.M WORLD AND RECYCLER. (2022). ¿Qué Compramos? *Chatarra Electrónica.* Recuperado 22 de mayo de 2021, de <https://chatarraelectronicaecuador.com/about-me/>
- sar2018. (2022). SAR | San Antonio Recycling. *San Antonio Recycling.* Recuperado 27 de julio de 2022, de <https://www.sar.pe/>
- Scrap y Rezagos.* (2021). <https://www.rezagos.com/>
- Scrapexgt – EXPORTADORA DE DESECHOS.* (2022). Recuperado 27 de julio de 2022, de <http://scrapexgt.com/>
- Solirsa.* (2022). Recuperado 27 de julio de 2022, de <https://solirsa.com/>
- Terán Córdova, I. P. (2019). UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA Propuesta de Industrialización del PET reciclado en la ciudad de Loja.*
- Transform your waste into high quality secondary raw materials—SUEZ Group.* (2022). Suez SA. Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://www.suez.com/en/our-offering/local-authorities/what-are-you-looking-for/recovery-and-waste-management/recycling-and-recovery/transform-your-waste-into-high-quality-secondary-raw-materials>
- Vallejo, M. A. (2012a). *ACUERDO No. 161 LA MINISTRA DEL AMBIENTE.* 44.
- Vallejo, M. A. (2012b). *LISTADO NACIONAL SUSTANCIAS QUIMICAS PELIGROSAS DESECHOS PELIGROSOS.* 3.
- Veolia UK.* (2022). Veolia UK. Recuperado 8 de julio de 2022, de <https://www.veolia.co.uk/about-us>
- Vertmonde gestor integral de residuos eléctricos y electrónicos en Ecuador.* (2022). Recuperado 14 de mayo de 2021, de <https://vertmonde.com/>

Wagner, M., Baldé, C. P., Luda, V., Nnonorom, I., Kuehr, R., & Lattoni, G. (2022). *Monitoreo regional de los residuos eléctricos y electrónicos para América Latina: Resultados de los trece países participantes en el proyecto UNIDO-GEF 5554*. a

Werba SA | *Soluciones integrales en reciclaje y residuos*. (2021). Recuperado 27 de julio de 2022, de <https://werbasa.com/>