



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

Economía Circular como estrategia para el diseño, fabricación y valorización de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Chile.

Muriel Angélica Báez Maldonado

PROFESOR GUÍA: Vasco Sánchez
Eduardo Cerda

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAGÍSTER EN GESTIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD

SANTIAGO- CHILE
2024



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

Economía Circular como estrategia para el diseño, **fabricación** y valorización de Aparatos Eléctricos y Electrónicos **en Chile.**

POR: MURIEL ANGÉLICA BÁEZ MALDONADO

Proyecto de Grado presentado a la Comisión integrada por los profesores:

PROFESORES GUIA: Mauricio Varas

PROFESORES CO-GUIA: Vasco Sánchez

PROFESOR INTEGRANTE 1: Eduardo Cerda

PROFESOR INTEGRANTE 2: Diego Rivera

Para completar las exigencias del Grado de Magíster en Gestión de la
Sustentabilidad.

2024

Santiago, Chile

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Por medio de la presente, declaro que el trabajo titulado: **Economía Circular como estrategia para la fabricación y valorización de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Chile**, que presento a la Universidad del Desarrollo de Chile, es de mi autoría (o coautoría) y no ha sido publicado previamente, ni está siendo considerado para publicación bajo otra filiación. En igual sentido, declaro que el trabajo de tesis y su contenido, son originales y que todos los datos y referencias a trabajos ya publicados con anterioridad han sido debidamente identificados, referenciados o citados en el documento, y que estas citas han sido incluidas en las referencias bibliográficas. Afirmo, asimismo, que los materiales presentados no se encuentran protegidos por derechos de autor; y en caso de que así lo estuvieran, me hago responsable de cualquier litigio o reclamo relacionado con la violación de derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad del Desarrollo de Chile.

Finalmente, me comprometo a no someter este trabajo (o parte de este), a consideración en ninguna revista o congreso para publicación sin contar con la aprobación y haber pasado el debido proceso de revisión en Universidad del Desarrollo. En caso de que un artículo sea aprobado para su publicación, autorizo a la Universidad del Desarrollo a incluir dicho artículo en sus revistas, y a reproducirlo, editarlo, distribuirlo, exhibirlo y comunicarlo en el país y en el extranjero, por medios impresos, electrónicos, Internet o cualquier otro medio, para propósitos científicos y sin fines de lucro.



Muriel Angélica Báez Maldonado

Firma

AGRADECIMIENTOS

A todos quienes me acompañaron en este proceso, creyeron en mí y me dieron una palabra de aliento.

Economía Circular como estrategia para la fabricación y valorización de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Chile.

Muriel Angélica Báez Maldonado

Bajo la supervisión del Profesor Vasco Sánchez en la Universidad del Desarrollo de Chile

Resumen

Este trabajo de investigación presenta la factibilidad de integración de economía circular en la fabricación y valorización de un Aparato Eléctricos y Electrónicos en Chile. El presente tiene por objetivo analizar la incorporación de la Economía Circular sobre el ciclo de vida de un Aparato Eléctrico y Electrónico en territorio nacional, entregando un marco de referencia de acciones para la implementación de la Ley 20.920/16 del Ministerio de Medio Ambiente, la cual establece la “Responsabilidad Extendida del Productor” más conocida como Ley REP. Para lograrlo, se propone una aproximación mixta, es decir, un enfoque cualitativo referente a la fabricación y valorización de un producto electrónico realizado en Chile, la cual estará basada en la entrevista de especialistas, revisión de la materialidad, manufactura, diseño, reparabilidad, manufacturabilidad, separabilidad y valorización de estos. El marco conceptual de esta investigación es demostrar que la integración de Economía Circular en un Aparato Eléctrico y Electrónico es factible en términos económicos, sociales y ambientales, con el fin de que este concepto pueda ser un punto en la integración de la regulación de este producto prioritario en la Ley REP que permita la bonificación a los productores, además de integrar fabricación y valorización más sostenible. En síntesis, se espera describir que la economía circular es una alternativa para las empresas con el fin de producir y desechar de una manera más sostenible.

Palabras claves: Economía Circular, Social, Ambiental, Económico, Leyes, Diseño, Desarrollo, Fabricación, Nacional, Producto Prioritario, Ciclo de vida.

HIGHLIGHTS

Economía Circular como estrategia para el diseño, fabricación y valorización de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Chile.

Muriel Angélica Báez Maldonado

- Análisis de la factibilidad de integrar economía circular en un proceso de manufactura.
- Análisis y descripción de distintas etapas del proceso de Economía Circular para su incorporación en la fabricación y valorización de Aparatos Eléctricos en el contexto actual en la gestión de residuos eléctricos en Chile.
- Conceptualización de variables relevantes para la implementación de un modelo conceptual para la Economía Circular en la valorización de aparatos eléctricos.

ÍNDICE GENERAL

1	Introducción	1
2	Contexto de literatura	8
3	Contribución del trabajo	10
4	Objetivos General y específicos	10
4.1	Objetivo General:.....	11
4.2	Objetivos Específicos:.....	11
5	Propuesta Metodológica	11
5.1	Entrevistas a actores relevantes	12
6	Marco Teórico	16
6.1	Industria Manufacturera de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Chile	16
6.1.1	Proceso productivo de Aparatos Eléctricos en Electrolux y su vinculación con la Economía Circular	16
6.1.2	Economía Circular y Eficiencia en el Desmontaje de Productos de Manufactura Chilena. 20	
6.2	Aspectos específicos técnicos de Economía Circular	21
6.2.1	Economía circular	21
6.2.2	Revalorización del producto	22
6.2.3	Circularidad de productos y piezas.....	24
6.2.4	Preparado para la reutilización	25
6.2.5	Valorización de un residuo Eléctrico y Electrónico	26
6.2.6	Análisis de ciclo de vida (ACV).....	28
6.3	Marco Normativo: Aspectos Regulatorios y Legales.....	31
7	Implementación Sistémica de la Economía Circular: Aspectos Clave	35
7.1	Factor humano	35
7.1.1	Ergonomía para Montaje y Desmontaje de Aparatos Eléctricos y Electrónicos 35	
7.2	Factor Económico	39
7.3	Factor ambiental	44
8	Resultados	47
8.1	Empresas de reciclaje.....	51
8.2	Empresa Manufactura.....	56
8.3	Privados.....	60
9	Discusión de los resultados	63

10	Conclusiones	72
11	Variables relevantes para el diseño conceptual para un modelo de Economía Circular en la Manufactura Chilena	75
12	Fortalezas y debilidades del proceso	78
12.1	Fortalezas.....	78
12.2	Debilidades.....	79
13	Referencias	80
14	Anexos	84

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA 1. MARCO DE REFERENCIA DE COMPUESTOS PRESENTES EN UN PRODUCTO CATALOGADO COMO GRANDE APARATO	3
FIGURA 2. PROCESO DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ENTREVISTA.	15
FIGURA 3. CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO	26
FIGURA 4. GESTIÓN AMBIENTAL- EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA.....	30
TABLA 1. COMPONENTES DE PEQUEÑOS Y GRANDES APARATOS).....	4
TABLA 2. COMPUESTOS DE UN RAEE	4
TABLA 3. SUSTANCIAS PELIGROSAS PRESENTES EN RAEE.....	5
TABLA 4. MARCO DE REFERENCIA SOBRE LOS BENEFICIOS DE LA EC EN EL SECTOR MANUFACTURERO	8
TABLA 5. DESCRIPCIÓN DE ENTREVISTADOS	13
TABLA 6. ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN DE VIDA ÚTIL	19
TABLA 7. PROCESO DE DESMONTAJE DE RAEE ELECTROLUX EN PLANTA DE RECICLAJE	21
TABLA 8. PRE-TRATAMIENTO DE GRANDES APARATOS.....	27
TABLA 9. VALOR PRESENTE DE COSTOS DE ESCENARIOS POR ETAPA (USD)	44
TABLA 10. ANÁLISIS - FABRICACIÓN, DISEÑO Y VALORIZACIÓN DE RAEE	51
TABLA 11. MARCO DE REFERENCIA DE LAS PRINCIPALES BARRERAS DETECTADAS.....	57
TABLA 12. MARCO DE REFERENCIA DE LAS PRINCIPALES BARRERAS DESDE EL PUNTO DE VISTA EN LA FACTIBILIDAD DE INTEGRAR LOGÍSTICA REVERSA EN UN RAEE	59
TABLA 13. MARCO DE REFERENCIA DE PRINCIPALES BARRERAS DE LOS CAMPOS DE ESTUDIO DE: ECONOMÍA CIRCULAR)	67
TABLA 14. PREGUNTAS A EMPRESAS RECICLADORAS.....	84
TABLA 15. PREGUNTAS A EMPRESA MANUFACTURERA.....	85
TABLA 16. PREGUNTAS A PRIVADOS	85
TABLA 17. TRANSCRIPCIÓN ENTREVISTA 3. MANUFACTURA	87
TABLA 18. RESUMEN DE RESPUESTAS EMPRESAS DE RECICLAJE	90
TABLA 19. RESUMEN DE RESPUESTAS EMPRESAS DE PRIVADOS.....	92
TABLA 20. RESUMEN ENTREVISTA EMPRESA MANUFACTURA.....	95

ILUSTRACIÓN 1. NUBE DE CONCEPTOS EN EL ANÁLISIS CUALITATIVO (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)47

ILUSTRACIÓN 2. VARIABLES PARA EL DISEÑO DE UN MODELO COMO ESTRATEGIA PARA LA EC.....76

1 Introducción

A nivel global, los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) se consideran actualmente uno de los flujos de residuos de más rápido crecimiento, con una tasa de crecimiento estimada que va del 3% al 5% anual.(Cuchilla et al., 2015a). Durante el 2019 se produjeron alrededor de 54 millones de toneladas de RAEE, lo que implica una generación per cápita promedio de 7,3 kg/han en todo el mundo. Se prevé un crecimiento anual del 4 % para 2021. A pesar de que se valora esta importante cantidad de desechos en 57 billones de dólares, se ha registrado que solo un 17,4%, o 9,3 millones de toneladas, se han recolectado y reciclado de manera adecuada en todo el mundo. (E-Waste Monitor, 2020).

En Chile, hay una gran cantidad de dispositivos eléctricos y electrónicos. En un hogar promedio en el país, se encuentran aproximadamente 40 productos eléctricos y electrónicos (FCH, 2020). Los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) son definidos por la (Directiva de la Unión Europea, 2012) como “todos los aparatos eléctricos y electrónicos que pasan a ser un residuo de los cuales su poseedor se desprenda o tenga la intención o la obligación de desprenderse”. Chile ocupa el primer lugar en Latinoamérica en la producción de RAEE, con 8,7 kilos por persona (E-Waste Monitor, 2020). Sin embargo, la tasa de recolección de RAEE respecto a su generación es actualmente del 3,3% (FCH, 2020), significativamente menor que la tasa de América (9,4%) y Europa (42,5%).

La gestión sostenible de los aparatos eléctricos y electrónicos es un tópico de gran importancia a en la actualidad, especialmente en América Latina como también en Chile (La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), n.d.). La creación de nuevos marcos normativos asociados a la regulación de Aparatos Eléctricos y Electrónicos puestos en el mercado nacional establecen ciertas medidas de recolección en donde la integración de acciones asociadas a la Economía Circular se hacen parte del nuevo lenguaje de tratamiento que deben tener actualmente estos productos al momento de ser desechados por el consumidor, y acciones, que a su vez, busca minimizar los impactos ambientales negativos a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, lo que puede ayudar a cumplir con las obligaciones legales de la REP (Basque Ecodesing center, 2016) . En base a esto, la economía circular forma parte de una estrategia

innovadora que busca transformar el modelo actual de manufactura, consumo y valorización, en la cual busca promover prácticas como evaluar al en la cual busca promover prácticas como evaluar al producto desde la eliminación de residuos, la contaminación, el ecodiseño, la extensión del ciclo de vida mediante la mantención del producto en uso, regeneración de los sistemas naturales considerando procesos como remanufactura, reacondicionamiento, reutilización, reciclaje, entre otros (Ellen MacArthur Foundation, n.d.)

Los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) contienen todos productos y piezas que funcionan con una fuente de alimentación eléctrica o una batería. La Unión Europea ha establecido una clasificación que ha servido como punto de referencia para varios países que han incorporado en sus legislaciones la responsabilidad de los productores de AEE en la gestión de sus Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en 6 categoría. En Chile, la clasificación actualmente vigente, permite a los productores de AEE declarar las cantidades de estos dispositivos comercializados. A saber:

- 1) Aparatos Grandes: aquellos aparatos eléctricos y electrónicos con una dimensión exterior superior a 50 centímetros. Se incluyen las subcategorías de: Aparatos de Intercambio de Temperatura, Otros Aparatos Grandes y Paneles Fotovoltaicos.
- 2) Aparatos Pequeños: aquellos aparatos eléctricos y electrónicos no contenidos en la categoría Aparatos Grandes.
- 3) Pilas Grandes: aquellas pilas con un peso mayor a 5 kilogramos.
- 4) Pilas Pequeñas: aquellas pilas no contenidas en la categoría Pilas Grandes.

Una vez desechados por su propietario, los AEE se convierten en RAEE, o residuos electrónicos, que contienen tanto materiales valiosos como peligrosos, los cuales necesitan ser tratados adecuadamente evitando generar impactos ambientales negativos. Su manejo inadecuado en su final de vida podría dañar la salud humana y del medio ambiente. En los RAEE la composición suele ser diversa y pueden contener más 38 piezas, las cuales se encuentran en dos categorías “peligrosos” y “no peligrosos”. Generalmente, en este tipo de residuos se encuentran plásticos, vidrio, tarjetas PCB, caucho, metales ferrosos y no ferrosos, tales como cobre, aluminio, oro, plomo, etc.

La presencia de sustancias peligrosas en los RAEE se encuentra en componentes específicos, los cuales contienen fracciones específicas que contienen dichas sustancias. (CCS, 2021). Cuando un producto es desechado por el consumidor o es considerado residuo, pasa a ser un RAEE, en donde los componentes que vienen con sustancias peligrosas están incorporados y pasarán a ser dentro de la cadena de gestión la cual se recolecta el residuo, se almacena y posteriormente se valoriza.

En el caso de una lavadora, sus compuestos peligrosos están en el núcleo eléctrico del producto, en donde tiene acceso directamente a la placa PCB (Figura 1). Por otro lado, la Tabla 1 presenta información del gobierno de Colombia, los siguientes datos son los residuos generados por las siguientes categorías:

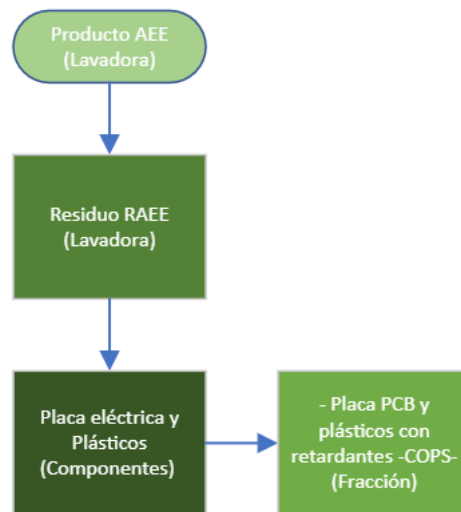


Figura 1. Marco de referencia de compuestos presentes en un producto catalogado como Grande Aparato (fuente: elaboración propia)

Material	Grandes electrodomésticos	Pequeños electrodomésticos
Metal ferroso	43	29
Aluminio	14	9,3
Cobre	12	17
Plomo	1,6	0,57
Cadmio	0,0014	0,0068
Mercurio	0,000038	0,000018

Oro	0,00000067	0,00000061
Plata	0,0000077	0,000007
Paladio	0,0000003	0,00000024
Indio	0	0
Plásticos Bromados	0,29	0,75
Plásticos	19	37
Vidrios	0,017	0,16
Otros	10	6,9

Tabla 1. Componentes de Pequeños y Grandes Aparatos (Fuente: Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (EMPA), (2016))

Según un estudio de E-waste monitor, la gestión de los residuos electrónicos puede ser una oportunidad económica, producto de que los residuos electrónicos generados en el 2019 contenían una gran cantidad de distintos compuestos, lo que representa un valor de 1.700 millones de USD. (The Global E-waste Monitor 2020) (Tabla 1)

Compuesto	Toneladas
Oro	7
Tierras raras	0,31
Hierro	591.000
Cobre	54.000
Aluminio	91.000
Compuesto	Toneladas
Mercurio	2,2
Cadmio	0,6
Retardantes bromados	4.000

Tabla 2. Compuestos de un RAEE (Fuente: Elaboración propia en base a lo publicado en The Global E-waste Monitor, 2020)

Más del 97% de los residuos de Latinoamérica no se recolectan, ni se envían a instalaciones que permitan su correcta gestión. En su mayoría, terminan en vertederos o rellenos sanitarios y en el sector informal. Las sustancias peligrosas presentes en los residuos electrónicos que incluyen, mencionados en la tabla 3, los cuales tienen una gestión deficiente en Latinoamérica y es probable que no se traten, generando diversos riesgos para la salud y medio ambiente. (The Global E-waste Monitor 2020).

Compuesto	Toneladas
Mercurio	2,2
Cadmio	0,6
Retardantes bromados	4.000

Tabla 3. Sustancias peligrosas presentes en RAEE (Fuente: The Global E-waste Monitor 2020).

En el proceso de recolección, una vez ingresado a una planta de pretratamiento o tratamiento, al realizar el desmontaje y separación del RAEE se pueden tener acceso a las fracciones de sustancias peligrosas, las cuales deben ser enviadas a una planta especializada para el manejo de residuos peligrosos de acuerdo con las características que contiene el compuesto. Las piezas que no cuentan con esas características pueden seguir su flujo de valorización con plantas de tratamiento de residuos no peligrosos.

La gestión de residuos de Aparatos Eléctrico y Electrónicos (RAEE) presenta sin duda un desafío importante en Chile, en donde el consumo y el desecho de los productos ha incrementado el volumen y cantidad de los residuos. Durante el 2016, se promulgó la Ley Responsabilidad Extendida del Productor del Ministerio de Medio Ambiente que establece distintos productos prioritarios, los cuales el productor deberá hacerse cargo del financiamiento y gestión de los residuos que pone en el mercado. Dentro de los productos prioritarios estaban establecidos los Aparatos Eléctricos y Electrónicos, los cuales, al final de su ciclo de vida, pasarían a convertirse en un Residuo de Aparato Eléctrico y Electrónico. Si bien esto establece un avance a nivel nacional en términos de gestión de residuos, según datos del Monitoreo Regional de los residuos Electrónicos (2022), en Chile se generan más de 169 kt de residuos eléctricos y electrónicos, y solo se recupera el 3,4% de estos (E2BIZ, 2019). De hecho, durante el año 2019 se consumieron 13,4 kg/hab de AEE y 0,4kg/hab fueron recolectados de manera oficial por empresas valorizadoras de estos residuos (E2BIZ, 2019).

Actualmente son nueve las empresas gestoras de estos residuos en Chile, las cuales cuentan con una capacidad instalada de 26,6ton/año (MMA, año) donde el desarme es principalmente manual, para una futura exportación de estos residuos. Según datos de E2BIZ(2019) durante el año 2024 se generarán aproximadamente 246,3/año ton de RAEE y para el 2026 serán 264,9 ton/año, lo que sobrepasaría con creces la capacidad instalada actual de valorización de RAEE. Al presente, el tratamiento de RAEE en Chile es bajo respecto del volumen reciclado, con foco en el reciclaje de metales. El reciclaje de grandes y pequeños aparatos se destaca en términos porcentuales (36% y 26% del total tratado, respectivamente) y el reciclaje de grandes aparatos a nivel internacional (15%) (E2BIZ, 2019a). La fabricación de los

Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) y en su posterior generación de residuos una vez acaba su vida útil, se convierte en un residuo, por lo que la importancia de la gestión de este residuo se vuelve fundamental para evitar su mala valorización. En base al mismo informe para el Ministerio de Medio Ambiente, se menciona que solo una empresa valorizadora logra llegar hasta el proceso de fundición de metales presentes en los residuos, generando lingotes de aluminio y cobre, por lo que, el número de empresas que alcanzan el proceso de fundición es uno de los desafíos en términos de economía circular en Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

La aplicación de prácticas de economía circular en la gestión de RAEE es fundamental para promover la sostenibilidad ambiental y la eficiencia en el uso de recursos. El informe del Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos de 2020 destaca la importancia de la economía circular en la gestión de los RAEE, porque permite la recuperación de materiales valiosos y la reducción de la cantidad de residuos que terminan en rellenos sanitarios o como valorización energética.(Forti et al., 2020.) La gestión adecuada de los RAEE para la sostenibilidad ambiental y el uso eficiente de los recursos requiere considerar tecnologías, procesos de trabajo y capacitación que permita mejorar la eficacia y factibilidad de maximizar la valorización de estos residuos (CEPAL, 2021a). La implementación de Economía Circular en la industria, desde el diseño del producto a los procesos de manufactura como la utilización de materialidades menos tóxicas y contaminantes y el proceso de desmontaje que facilite el proceso del reciclaje para tener una mayor recuperación de materialidades. (Cayumil y Adasme, 2018)

En Chile, se considera una tasa de crecimiento del 2,4% RAEE/hab. Durante el 2020-2030 (CEPAL, 2021b), además cuenta con una tasa de recuperación de 5,0% lo que equivale a 0,4kg/hab. (E-Waste Monitor, 2022). Por otro lado, la eliminación de estos desechos tiene varios problemas a la salud, como la liberación de compuestos tóxicos y peligrosos, además, pudiendo contaminar los recursos naturales.(Cayumil et al., 2016). Por lo que, la transición para una economía circular en el sector eléctrico, el sector debe estar preparado para poder cambiar la manera en la cual se diseña un producto, fabrica y utilizan los consumidores. (Ellen MacArthur Foundation, n.d.) Con ello, cambiar el mecanismo de fabricación de un producto se vuelve esencial al momento de pensar en Economía Circular, parte de este proceso se vuelve esencial al momento de crear un producto que en su proceso productivo y de diseño tenga ahorro de costos sociales, ambientales y económicos. Además, desde la involucración que deben tener las empresas en el proceso de diseño y manufactura, los actuales modelos de economía circular

exigen que las organizaciones se involucren en el uso y disposición de los productos (Americas Sustainable Development Foundation, 2020).

Beneficios de la Economía Circular en el Sector Manufacturero		
Beneficios socioeconómicos	Beneficios Económicos	Beneficios Ambientales
Comunicación entre la sociedad y las industrias(Kumar et al, 2019)	Buscar reducción de costos mediante la cadena de suministros sostenibles y gestión de vida útil.(Kumar et al, 2019)	Ayudará a disminuir los residuos enviados a relleno sanitario (Ellen MacArthur Foundation, 2013)
Aprovechar las industrias manufactureras de Aparatos Electrónicos para el desarrollo de métodos rentables de desmontaje y reciclaje, para no comprometer la calidad de los materiales producidos.	Creación de nuevas fuentes laborales a través de la creación de nuevos negocios y sistemas de reparación (Ellen MacArthur Foundation, n.d.)	Ahorro de energía, agua y reducción de contaminantes durante el proceso. (Ellen MacArthur Foundation, 2013)
Creación de programas gubernamentales para investigadores de I+D para la recuperación de metales preciosos a través de los procesos metalúrgicos.	Aumento de la eficiencia del mercado a través de la reutilización de los productos. (Ellen MacArthur Foundation, n.d.)	Evitar el consumo de sustancias químicas tóxicas o peligrosas en los productos. (Ellen MacArthur Foundation, 2013)
Creación de nuevos empleos ante la	Aumento del desarrollo de economías	Disminución de los gases de efectos invernadero

necesidad del reciclaje de AEE. (Americas Sustainable Development Foundation, 2020)	locales. (Americas Sustainable Development Foundation, 2020)	daños para el medio ambiente. (Americas Sustainable Development Foundation, 2020)
---	--	---

Tabla 4. Marco de referencia sobre los beneficios de la EC en el Sector Manufacturero (Fuente: elaboración propia)

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la factibilidad de integrar el concepto de economía circular en toda la cadena de valor de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos bajo en contexto nacional, describiendo la viabilidad de implementar prácticas de economía circular en el ciclo de vida de los AEE, considerando las distintas experiencias según los campos de aplicación del ciclo de vida del producto, en base a tres ejes: social, económico y ambiental, con el fin de fomentar desde una perspectiva sostenible, abarcando distintas dimensiones.

Por otro lado, esta investigación tiene un enfoque sostenibles con aspectos específicos para el cumplimiento normativo en el ámbito de la especialidad, como lo es la implementación de la Ley 20.920/16 del MMA Responsabilidad Extendida del Productor, la cual puede ser un aporte para la implementación de estrategias en torno a esta legislación, con el fin de promover prácticas sostenibles en relación con la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), así como también normativas con las condiciones de trabajo en el cual se proyectaría la implementación de la EC como lo son las de Seguridad y Salud en el Trabajo como el DS 594/1999 del Ministerio de Salud. Se espera que los resultados obtenidos puedan presentar desafíos, oportunidades y barreras con el fin de integrar economía circular en la industria en Chile.

2 Contexto de literatura

La gestión de residuos de Aparatos Eléctrico y Electrónicos (RAEE) presenta sin duda un desafío importante en Chile, en donde el consumo y el desecho de los productos ha llevado a un incremento de los residuos. producto de que el 2016, se promulgó la Ley Responsabilidad Extendida del Productor del Ministerio de Medio Ambiente, la cual establece distintos productos prioritarios, los cuales el productor deberá hacerse cargo del financiamiento y gestión de los residuos que pone en el mercado.

Dentro de los productos prioritarios estaban establecidos los Aparatos Eléctricos y Electrónicos, los cuales, al final de su ciclo de vida, pasarían a convertirse en un Residuo de Aparato Eléctrico y Electrónico. Si bien, esto establece un avance a nivel nacional en términos de gestión de residuos, según datos del Monitoreo Regional de Los residuos Electrónicos (2022), en Chile se generan más de 169 kt de residuos eléctricos y electrónicos, y solo se recupera el 3,4% de estos (E2BIZ, 2019), Lo que, en datos del mismo informe, durante el año 2019 se consumieron 13,4 kg/hab de AEE y de solo 7kt, es decir, 0,4kg/hab fueron recolectados de manera oficial por empresas valorizadoras de estos residuos.

Actualmente, son nueve las empresas gestoras de estos residuos en Chile, las cuales cuentan con una capacidad instalada de 26,6ton/año (MMA) de estas empresas el desarme es principalmente manual, para una futura exportación de estos residuos. Según datos de E2BIZ, durante el año 2024 se generarán aproximadamente 246,3/año ton de RAEE y para el 2026 serán 264,9 ton/año, lo que sobrepasaría con creces la capacidad instalada actual de valorización de RAEE. Actualmente, el tratamiento de RAEE en Chile es bastante complejo, ya que no es muy masivo y lo hace muy escaso, siendo el reciclaje de metales el que tiene mayor presencia a nivel nacional. El reciclaje de grandes y pequeños aparatos se destaca en términos porcentuales (36% y 26% del total tratado, respectivamente) y el reciclaje de grandes aparatos a nivel internacional (15%) (MMA). En base al mismo informe del Ministerio de Medio Ambiente, se menciona que solo una empresa valorizadora logra llegar hasta el proceso de fundición de metales presentes en los residuos, generando lingotes de aluminio y cobre, por lo que, el desafío en términos de economía circular en Aparatos Eléctricos y Electrónicos se vuelve primordial para buscar un desarrollo más eficiente en esta gestión.

La aplicación de prácticas de economía circular en la gestión de RAEE es fundamental para promover la sostenibilidad ambiental y la eficiencia en el uso de recursos. El informe del Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos de 2020 destaca la importancia de la economía circular en la gestión de los RAEE, porque permite la recuperación de materiales valiosos y la reducción de la cantidad de residuos que terminan en rellenos sanitarios o como valorización energética. (Forti et al., 2020) El estudio sobre Economía Circular y Valorización de Metales de CEPAL (CEPAL, 2021a) destaca la importancia sobre la economía circular y valorización de metales a partir de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos resalta la relevancia de la gestión adecuada de los RAEE para la sostenibilidad ambiental y el uso eficiente de los recursos, lo que lo hace necesario para considerar tecnologías, procesos de trabajo, capacitación que permita mejorar la eficacia y factibilidad de maximizar la valorización de estos residuos, así como la implementación de Economía Circular en la industria Manufacturera, el cual no

solo cuente el producto, si no también, integre al proceso productivo, desde el diseño del producto, procesos de manufactura (Cayumil Montecino, Adasme Valdés), por lo que considerar prácticas de EC en todo el ciclo de vida del producto se vuelve primordial, la integración de procesos de fabricación más sostenibles, la utilización de materialidades menos tóxicas y contaminantes y el proceso de desmontaje que facilite el proceso del reciclaje para tener una mayor recuperación de materialidades es parte de las estrategias que deben existir en el actual sistema de negocio de las organizaciones.

3 Contribución del trabajo

Dada la experiencia en la industria Manufacturera de Aparatos Eléctricos y Electrónicos y habiendo profundizado en la literatura, la contribución de esta investigación es el análisis y descripción de la eficacia y la factibilidad integrar Economía Circular (EC) desde un enfoque de contexto, mediante análisis de caso, producto al reducido número de empresa que se dedican a la fabricación de AEE esto y a su vez establecer desde un enfoque cualitativo de análisis de caso.

la valorización de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y buscar oportunidades de Economía Circular durante el ciclo de vida del producto. En mayor detalle, este trabajo:

- Explora el aporte de la economía circular en el fomento al ecodiseño, reutilización, remanufactura y un mejor reciclaje de los componentes en el ciclo de vida, incluyendo análisis de contexto de ejecución de procesos de economía circular tales como el desarme, el cual permitan efficientizar el proceso y resguardar la salud de los trabajadores en el contexto de economía circular respecto de las actuales prácticas de reciclaje en Chile.
- Provee opiniones y experiencia a partir de entrevistas con personas relacionadas con la fabricación y valorización, a través del pretratamiento de estos productos y privados ligados a la industria.

Pregunta de investigación

¿Cuáles serían los elementos relevantes para la implementación de Economía Circular en la industria nacional?

4 Objetivos General y específicos

Para lograr el objetivo general, se va a describir y analizar la totalidad de los componentes en el proceso de fabricación, procesos de valorización actuales, y posibles prácticas que se puedan realizar

para el fomento de la Economía Circular, desde un enfoque sostenible, tanto social, ambiental y económico.

4.1 Objetivo General:

“Analizar la eficacia de integrar Economía Circular en el ciclo de vida de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) en la Industria Chilena”

4.2 Objetivos específicos:

Para ello, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Identificar a actores relevantes en la Manufactura Chilena de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, a través de la revisión de literatura especializada.
- ✓ Identificar métodos Economía Circular, a través de la revisión de literatura especializada, y posibles prácticas que se puedan realizar para el fomento de la Economía Circular, desde un enfoque sostenible, tanto social, ambiental y económico.
- ✓ Identificar desafíos, barreras e interrelaciones para integrar economía circular en el ciclo de vida de los RAEE mediante entrevistas a especialistas de área de Manufactura, Reciclaje y privados.
- ✓ Proponer variables relevantes para con el objetivo de establecer una estrategia para el desarrollo de un modelo conceptual de economía circular en la industria y valorización de RAEE, con tres ejes fundamentales, social, ambiental y económico.

5 Propuesta Metodológica

Para este trabajo se tomará una metodología descriptiva y exploratoria, la cual tendrá un enfoque cualitativo en el cual se describirán y analizarán los distintos ciclos de vida que puede tener un producto a través del diseño, fabricación en una empresa manufacturera hasta el proceso de valorización. Además de revisión de la literatura, lo que permite identificar las distintas materialidades y componentes que puede contener un Aparato Eléctrico y Electrónico con el montaje y desmontaje del producto.

Para el diseño de estudio, se adoptará un estudio de caso de empresa Manufacturera en Chile. Esta elección se justifica por el tema específico de estudio y el limitado número de empresas dedicadas a la manufactura de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Chile y a la valorización

de estos. Este diseño proporcionará una comprensión contextualizada y detallada de los procesos y desafíos presentes en la industria. Dada la relevancia de comprender el fondo de la Economía Circular en la Industria Manufacturera en Chile de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) y su posterior residuo (RAEE), esta investigación se enfocará específicamente en el caso de Electrolux Group. Cabe destacar, que las entrevistas realizadas como parte de esta investigación, se llevarán a cabo con expertos de Electrolux como otras áreas interesadas claves en la industria que mantienen una relación directa o indirecta con la organización, las cuales pueden proporcionar una visión integral de las prácticas actuales, desafíos, barreras y oportunidades en la implementación de economía circular en toda la cadena de valor.

En el protocolo de **Estudio de Campo**, la investigación se llevará a cabo mediante la revisión de la literatura, técnicas de medición en terreno, utilizando principalmente entrevistas y una observación contextual de procesos de manufactura y valorización.

En lo que respecta a las **entrevistas**, se realizarán preguntas abiertas y cerradas para obtener información cualitativa. Este enfoque permitirá un análisis profundo y una comprensión más detallada sobre las experiencias y perspectiva de los actores involucrados en el ciclo de vida de un Aparato Eléctrico y Electrónico.

Con respecto a las **técnicas de observación** de los participantes, se aplicará esta técnica para obtener una visión más profunda de las observaciones y prácticas en la industria manufacturera y valorizadora. Esto facilitará la captura de datos actuales y la comprensión de las interrelaciones existentes relacionadas con la valorización de los RAEE.

Para el **protocolo de análisis de datos**, se empleará el concepto de saturación de información cualitativa, garantizando que la recopilación de datos logre tener un nivel profundo de comprensión.

5.1 Entrevistas a actores relevantes

Se llevaron a cabo 12 entrevistas semiestructuradas, las cuales se diseñaron con un enfoque hacia la Economía Circular y su interrelación entre los distintos actores, mediante la búsqueda de información en la industria en la literatura, lo que permitieron compilar la información proporcionada por los distintos expertos de las distintas áreas evaluadas, es decir, especialistas en Diseño y Manufactura de producto, Valorizadores de

RAEE, y en gestión privada y normativa, los cuales serán los entrevistados representantes de los distintos organismos evaluados, que cumplen un rol relevante en la fabricación y reciclaje de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) como Privado (Empresas de Manufactura y Reciclaje) y Organismos privados (Tabla 1). El enfoque cualitativo de este estudio se basa principalmente en (Kirchherr et al., 2018) la cual busca introducir, identificar las principales barreras, además soluciones para la implementación de Economía Circular.

Área	Empresa	Área	Años de experiencia
Empresas de reciclaje	DEGRAF	Comercial	12
	Volta	Comercial	3,5
	Midas	Minería Urbana y Economía Circular	17
	Pañihue	Ingeniero Ambiental – Experto en Gestión RAEE	12
Empresas Manufacturera	Electrolux Group	Calidad	5
		Calidad	10
		Research and Development	20
		Manufactura	3
Privados	SOFOFA	Sostenibilidad	6
	CSS	Gestión RAEE	15
	Ecodiseño.cl	Ecodiseño y Economía Circular	6
		Ecodiseño y Economía Circular	17

Tabla 5. Descripción de entrevistados (Fuente: Elaboración propia)

Las entrevistas se realizaron de manera presencial y no presencial. El diseño de las entrevistas se basa en el análisis previo de la literatura. Las preguntas estarán divididas por empresas de reciclaje, manufactura, sociedad civil y organismos privados. Para ello se siguió el proceso propuesto por (Bravo Díaz et al., 2013) mostrado en la Figura 1. Se considera que la estrategia de levantamiento en terreno de observación directa no participante del análisis del proceso de desmontaje permite un enfoque sistémico que incluye factores humanos, entorno y condiciones generales del proceso en su ejecución. El método de validación para esta investigación es de opinión de expertos en el área, los cuales entregaron retroalimentación, con el fin de alinearlos con los objetivos generales y específicos propuestos. La información obtenida en las entrevistas y datos específicos de la

industria evaluada serán de carácter confidencial y anónima con fines exclusivamente académicos. Al inicio de cada entrevista se indicó el propósito de la investigación y una contextualización para establecer la conexión con los participantes al momento de interactuar sobre el tópico de estudio.

Durante el proceso de investigación, se identificó a través de las retroalimentaciones la necesidad de realizar ajustes en las preguntas de la entrevista con el fin de optimizar la capacidad de respuesta de los participantes. Parte de esta modificación fue implementada con el fin de obtener una información más precisa y concisa, facilitando de esa manera el análisis de los datos recopilados. El listado de los entrevistados fue diseñado con el fin de abarcar diversos sectores con el fin de obtener una perspectiva de todos los sectores, por lo que incluía ONG, sectores privados, público y sociedad civil, sin embargo, durante este proceso se tomó la decisión de no incluir en su totalidad a todos los actores contemplados en la lista inicial, ya que no contribuirían de manera significativa a los objetivos específicos de la investigación, es por eso, que se intentó mantener una cierta proporción de los grupos entrevistados para recopilar y representar las diversas perspectivas.

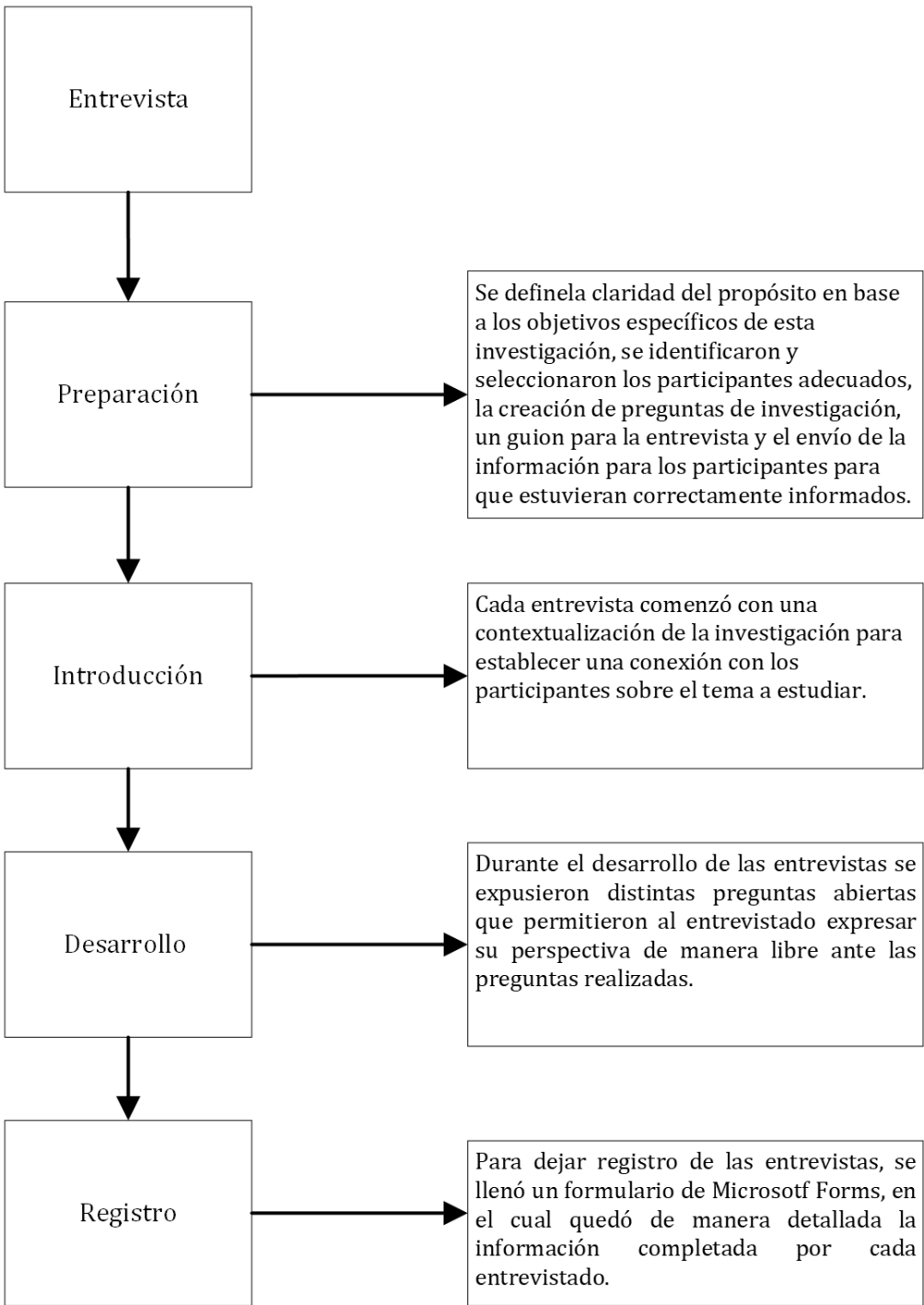


Figura 2. Proceso de diseño e implementación de una entrevista. (Fuente: Elaboración propia basada en The interview, a flexible and dynamic resource (Bravo Díaz et al., 2013))

Las preguntas realizadas a los entrevistados se presentan en la Tabla 14, 15 y 16 del anexo de esta investigación. El resumen de las entrevistas se puede visualizar en el anexo 18, 19 y 20.

6 Marco Teórico

6.1 Industria Manufacturera de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Chile

Actualmente en Chile existe solo una empresa fabricante de electrodomésticos (E2BIZ, 2019a) de 5 tipos de electrodomésticos: Lavadoras automáticas, Lavadoras Semiautomáticas, Cocinas, Hornos y Encimeras. En enero de 2019, se llevó a cabo una reorganización de los productos de refrigeración en Chile, lo que resultó una concentración de la totalidad de la oferta en esa categoría en productos importados. Para finales de abril 2019, se detuvo la fabricación local de estos productos.(Electrolux de Chile S.A, 2021).

6.1.1 Proceso productivo de Aparatos Eléctricos en Electrolux y su vinculación con la Economía Circular

La fabricación en Chile se divide en dos negocios: Food Preparation (cocinas) y Fabric Care (lavado). Los procesos productivos son evaluados desde el punto de vista de calidad, seguridad y medio ambiente. Estos son Estampado, Esmaltado, Inyección y por último Ensamble. A saber:

Inyección Para el proceso de inyección se deben seleccionar los plásticos adecuados para la fabricación de los componentes necesario para la elaboración de una lavadora. El Moldeo por Inyección es un proceso con el que se calienta el polímero hasta que alcanza un estado muy plástico y se le fuerza a que fluya la alta presión hacia la cavidad de molde en donde se solidifica (Groover, 2007). Una vez que el material se ha distribuido uniformemente en el molde, se enfría mediante circulación de agua. A medida que se enfría, se solidifica y toma la forma del molde, luego que la pieza se ha endurecido es almacenada para ser enviada al proceso de ensamble. En este proceso se crean las principales piezas para una lavadora, desde la cubierta hasta el gabinete de agua.

Estampado Los procesos de trabajo de láminas metálicas son operaciones de formado o preformado de láminas, tiras y rollos de metal (Groover, M. P. (s/f)). La pieza metálica producida en una operación de prensado se denomina estampado, el diseño dependerá del modelo del producto que se está elaborando. En este proceso, las láminas se alimentan en una prensa en la cual se utiliza el molde y troqueles para dar forma y cortar la pieza según corresponda. Algunas de las piezas pasan por el proceso de acabado para dar el

recubrimiento de la superficie para protegerla contra la corrosión y dar mayor durabilidad. Las piezas son preparadas para ser enviadas al proceso de desengrase y esmaltado.

Esmaltado Una vez que las piezas metálicas se someten al proceso de desengrase para eliminar impurezas o contaminantes que puedan afectar a la adherencia del esmalte, se revisa desde el punto de vista de calidad para posteriormente aplicar esmalte a las piezas mediante el proceso de aspersion y electroestático. La uniformidad y el espesor del esmalte son esenciales para garantizar la calidad de la pieza para ser destinada al proceso de ensamble del producto. Luego, las piezas esmaltadas deben ser enviadas a un horno con alta temperatura, el cual se cuecen para que esmalte logre fundirse, cree la capa y pueda ser resistente. Las piezas que se esmaltan durante este proceso productivo son principalmente de cocinas.

Ensamble del producto El proceso de ensamblaje en la fabricación de cocinas y lavadoras es una etapa esencial, la cual está compuesta por una línea de montaje diseñada para llevar un proceso rápido, seguro y de calidad durante el ensamble del producto final. Inicialmente se debe tener una preparación de todos los componentes, la línea productiva debe estar organizada con toda la materia prima para facilitar la producción.

Proceso lineal continuo definido por el área de diseño e ingeniería, con tiempos de operación y ensamblaje definidos para cumplir con la cadencia final de la línea. La verificación del producto para el cliente final se realiza mediante autocontroles productivos en cada puesto de línea y los controles de lo aseguramiento de la calidad, los cuales tienen relación directa con normativa eléctrica (SEC), hermética (SEC) y funcional.

Hay procesos productivos que son parte de la fabricación del producto, sin embargo, hay oportunidades de comenzar a incorporar la circularidad en el modelo de negocio. Desde diseñar productos para la circularidad, que permitan una extensión de vida útil, recuperación de productos en las distintas etapas del proceso ya mencionadas, la integración en la manufactura de materiales reciclados. Lo que en base a la literatura científica, se puede hacer interrelaciones con los procesos, como en el de inyección se puede integrar materiales reciclados para la producción de productos para la reducción de recursos vírgenes, en procesos de estampado se puede considerar el diseño de piezas metálicas que permitan la facilitación del desmontaje, reutilización y posterior reciclaje al final de su vida útil,

esmaltado la integración de esmalte fabricados a partir de materiales reciclados o reciclables, etc. (United Nations Environment Programme, 2021).

Por otro lado, las organizaciones pueden optar por otras estrategias que permitan la facilitación de la gestión del producto en su vida útil son definidas por Basque Ecodesing Center de Ihobe. (Basque Ecodesing center, 2016) para buscar una gestión integral en toda la cadena productiva del AEE.

USO/Mantenimiento	Logística inversa	Diagnóstico	Proceso de recuperación
<p>1) Diseño para la durabilidad: materialidad durable del producto, estructuras sólidas, la cual tenga poca probabilidad de cambio durante a corto y mediano plazo.</p> <p>2) Diseño para el mantenimiento: Busca que el diseño esté adaptado para tener un fácil cambio de piezas que necesiten sustitución. Además, que pueda entregar información referente a la reparación del producto.</p> <p>3) Diseño para el desmontaje: Busca que el diseño tenga lo mínimo de piezas o componentes el cual permitan tener un fácil desmontaje, además que se</p>	<p>1) Diseño para la recogida y transporte: Busca que exista información esté graficada de manera sencilla, de manera correcta sobre la disposición y recogida del producto identificando todo el detalle del producto para una correcta recogida, la cual pueda ser accesible y entendible para</p>	<p>1)Diseño para el diagnóstico: Busca Implementar sistemas de trazabilidad mediante informes técnicos y tecnologías para acceder a información relevante sobre la vida del producto. Además, que existan estándares de calidad, protocolos y pruebas para facilitar el diagnóstico del producto recolectado con el fin de poder darle</p>	<p>1)Diseño para la limpieza: Principalmente que tenga materiales que puedan ser fácilmente limpiados con una estructura que permita este proceso.</p> <p>2) Diseño para el modularidad: el producto debe estar diseñado con partes funcionales más pequeñas que permitan la subdivisión.</p> <p>3) Diseño para la actualización: El</p>

<p>integre la información necesaria para poder realizar este proceso.</p> <p>4) Diseño para la fidelización: Buscar en el diseño características concretas que identifiquen al producto con el fin de que el cliente pueda fidelizarse con la marca o el fabricante.</p>	<p>quien perciba la información.</p>	<p>una reparabilidad. Además, capacitar constantemente al personal encargado del diagnóstico y la revalorización del producto.</p>	<p>producto debe estar diseñado con acceso al recambio a las piezas y partes susceptibles a quedar en estado obsoleto.</p> <p>Idealmente, que los diseños estén estandarizados de piezas y cierres, con el fin de facilitar el intercambio.</p> <p>4) Diseño para la reciclabilidad: debe existir una información correcta sobre la materialidad del producto, desmontaje, y del correcto reciclado que debiese</p>
--	--------------------------------------	--	---

Tabla 6. Estrategias para la gestión de vida útil (Fuente: Elaboración propia en base (Basque Ecodesing center, 2016))

Cabe mencionar que, el diseño de producto para por las áreas de Ingeniería y Desarrollo, deben cumplir con todos las normativas vigentes.

6.1.2 Economía Circular y Eficiencia en el Desmontaje de Productos de Manufactura Chilena.

Las empresas son actores claves en todas las etapas de la cadena de valor electrónica, desde la extracción de materias primas hasta al final de su ciclo de vida, la recogida del producto y su posterior reciclaje cumplen un papel esencial para lograr garantizar una economía circular y sostenible. El diseño para la reciclabilidad y desmontaje es una estrategia que permite hacer una recuperación del producto al término de su fin de vida. Estos elementos son esenciales para la gestión efectiva de los residuos. (United Nations Environment Programme, 2021).

Las imágenes adjuntas en la tesis documentan el proceso de desmontaje en una planta de reciclaje, enfocándose en la importancia de un desmontaje eficiente y ergonómico. La ergonomía, en este contexto, no solo maximiza la eficiencia del proceso, sino que también garantiza la seguridad y condiciones adecuadas de trabajo en los procesos involucrados. (Tosi, 2012)





<p>Dificultad de desmontaje. Sobreesfuerzos por uso de herramientas, fuerza y postura de extremidad superior para lograr desmontaje. Normas de Ergonomía en el Trabajo</p>	<p>Dificultad de desmontaje. Sobreesfuerzos por aplicación directa sin herramienta para fuerza y postura de extremidad superior para lograr desmontaje. Normas de Ergonomía en el Trabajo</p>
	
<p>Dificultad de desmontaje. Sobreesfuerzos por manipulación manual de carga. para lograr desmontaje. Normas de Ergonomía en el Trabajo</p>	<p>Dificultad de Montaje. Sobreesfuerzos por posturas forzadas y mantenidas para lograr desmontaje. Normas de Ergonomía en el Trabajo</p>
	

Tabla 7. Proceso de desmontaje de RAEE Electrolux en planta de Reciclaje (Fuente: Elaboración propia)

6.2 Aspectos específicos técnicos de Economía Circular

6.2.1 Economía circular

La economía circular es una estrategia de desarrollo económico que busca el crecimiento de manera sostenible. Se trata de un marco de soluciones sistémicas que hace frente a desafíos globales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, los residuos y la contaminación (Ellen Macarthur Foudation, año). La economía circular busca pensar en una economía regenerativa y restaurativa por diseño, la cual busca mantener a los productos, componentes y materiales en su máxima utilidad, eficientizando su rendimiento en los recursos y minimizando los riesgos del sistema. La implementación de una economía circular

podría resultar en un beneficio neto económico de 1,8 billones de euros para Europa. Se prevé que la aplicación de la economía circular podría generar un incremento neto de 4,8 millones de puestos de trabajo en América Latina y el Caribe (Pacífico, A. (s/f)).

La economía circular busca optimizar el uso de recursos y minimizar la generación de residuos durante el proceso productivo de un producto, la Economía Circular (EC) implica cerrar ciclos productivos y se basa principalmente en tres principios (Ellen Macarthur Foudation, 2013):

- Eliminar los residuos y la contaminación desde el diseño: Se aborda desde las primeras etapas de la planificación del producto o proceso con un enfoque sistemático. Se busca eliminar los residuos desde el diseño.
- Mantener productos y materiales en uso por el mayor tiempo posible: Cuando las materias primas y/o productos
- Regenerar los sistemas naturales

En Chile, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) en Chile su Hoja de Ruta Nacional a la Economía Circular para un Chile sin Basura, aborda la economía circular desde tres pilares:

- Diseño inteligente: La minimización del impacto ambiental, contaminación y residuos de los productos, servicios y procesos se aborda desde las primeras etapas: Planificación y enfoque sistémico.
- Extensión de vida útil: Cuando las materias primas y productos entran al proceso productivo, se busca que estén el mayor tiempo posible en uso o incluso de manera indefinida, busca que se evite degradar su valor o que se convierta en contaminación.
- Regeneración de los sistemas naturales: Se reconoce que dependemos del medio ambiente y que este se está degradando, por lo tanto, debemos ser agentes activos en la regeneración.

6.2.2 Revalorización del producto

La revalorización es darle una nueva vida útil o utilidad a un producto, el cual de otra manera podría ser descartado como un desecho. Para ello se pueden establecer diferentes enfoques, como la remanufactura, reacondicionamiento, renovación, reutilización y reparación. En mayor detalle, se detalla:

Remanufactura es el proceso en el cual se devuelve un producto en un estado equivalente o superior al estado del producto original. Es decir, dentro de su proceso de remanufactura el producto se desensambla a nivel de componente, se evalúa su estado, se repara y luego se pasa por el proceso de reensamble con piezas nuevas y piezas originales del producto. (Cabeza, 2012) Incluye todas las acciones necesarias para poder crear productos de calidad, utilizando componentes tomados de AEE antiguos, y si es necesario, nuevos. El producto final producido cumple con las especificaciones de confiabilidad y funcionalidad por parte del fabricante. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017)

Reacondicionamiento es un proceso que busca devolver un producto a su estado técnico similar al original mediante la reparación de distintos componentes que no se encuentren operativos o que presenten una disminución en su calidad, por lo que se sustituyen o se realiza un mantenimiento preventivo el cual permita extender la vida útil del producto. (Cabeza, 2012)

Renovación es el proceso el cual busca devolver a un producto a un estado estético el cual lo haga parecer que está nuevo, mediante la limpieza, modificaciones en el diseño, reparación de piezas que no se encuentren en su total funcionamiento. (Cabeza, 2012). Puede incluir, la reparación de componentes estropeados. (Tecnalia, 2018)

Reutilización es un proceso que busca recuperar el producto con el objetivo de poder brindarle un nuevo uso, debido que mantiene su estructura inicial y su deterioro escaso o nulo. En este caso, el producto es sometido a un proceso de mantenimiento el cual permite que sea aprovechado nuevamente, sin embargo, pueden existir diferencias con productos nuevos o similares. (Cabeza, 2012). En el marco de la gestión sostenible de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), el concepto de reúso a través de la reutilización de estos productos. Las modalidades de reutilización comprenden desde la utilización directa del equipo sin modificaciones, la reutilización de uno o más componentes, o el reacondicionamiento y reparación para prolongar su ciclo de vida. (Clerc Ana María Pereira, 2021).

Reparación es la acción de arreglar una falla (Tecnalia, 2018). Se repara el producto defectuoso para seguir utilizándose (United Nations Environment Programme, 2021) Se debe a cuando un producto usado es reparado para ponerlo nuevamente en funcionamiento

para el uso del cliente. Este proceso puede ser realizado por el cliente o servicios técnicos formales e informales. Tiene una cobertura sobre la parte reparada y no así el producto en su totalidad. (Cabeza, 2012)

6.2.3 Circularidad de productos y piezas

Dentro de la definición de economía circular se busca circular productos y materiales en su valor más alto lo que significa mantener las materias primas en su mayor uso posible, ya sea como producto o bien, cuando ya no puedan seguir siendo utilizadas, puedan volver al proceso como piezas o nuevamente incorporadas como materia prima. De esta forma, el principio busca en que nada se convierta en residuo y todo perdure. La extensión de la vida útil tanto como de los productos o piezas se vuelve fundamental para que puedan mantener en circulación. Dentro de la definición de este principio, se definen dos tipos de ciclos: Ciclo técnico, el cual los productos se reutilizan, reparan, remanufacturan y reciclan. Ciclo biológico, los materiales biodegradables se devuelven a la tierra a través de procesos como el compostaje y digestión anaeróbica. Para efectos de este análisis, profundizaremos el técnico. (Ellen Macharthur, s.f)

La maximización del valor de los productos o piezas a través del ciclo técnico establece que su retención y reutilización se constituyen como los métodos más eficaces al momento de conservarlas en uso. La etapa inicial del ciclo técnico tiene el enfoque de preservar la integridad de los productos con el fin de mantener su valor con el mayor mantenimiento posible, con el fin de que el producto pueda estar dentro de la cadena en uso, lo que entrega la posibilidad que dentro de su ciclo de vida pueda ser utilizado por un mayor número de personas a lo largo del tiempo. Por otro lado, contempla la opción de la reutilización a través de la reventa, así como la implementación de los ciclos de mantenimiento, reparación, reacondicionamiento y renovación para prolongar la vida útil. Sin embargo, la utilidad de un producto se puede agotar, es por eso, esencial considerar la etapa de remanufactura, lo que permite que los componentes que podrían ser reacondicionados son tratados permitiendo una reintegración para la fabricación de nuevos productos. Por otro lado, las piezas que no logran ser recuperadas son sometidas al proceso de valorización, aunque dentro de este proceso el reciclaje y valorización energética se encuentran dentro de los últimos en la cadena debido a que implica la disminución de la valoración intrínseca de los productos y sus componentes, aun así, su rol es crucial para mantener los residuos dentro del ciclo

económico. Es por esto, que las empresas a través de sus procesos de diseño, deben buscar mecanismos para crear productos más duraderos, que sean reciclables y/o fáciles de desmontar, refabricar y reparar, y a su vez, que logren ser rentables (United Nations Environment Programme, 2021)

6.2.4 Preparado para la reutilización

Es la operación de valorización consistente en la comprobación, remanufactura, reacondicionamiento, reparación o actualización, mediante la cual los aparatos eléctricos y electrónicos o sus componentes, que se hayan convertido en residuos, se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra transformación previa. (Ministerio De Ambiente, F., Sostenible, 2017) Además de los conceptos ya mencionados, también consiste en la comprobación y limpieza, en la cual los productos o componentes que al terminar su ciclo o ser desechados se convierten en residuos, por lo que se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra transformación previa. A través de esta gestión, el producto deja de ser un residuo y se convierte en uno de segunda mano. Entre el concepto de reutilización y preparado para la reutilización existe una diferencia, producto de que la reutilización es un acto de prevención antes de que el producto se convierta en un residuo, mientras que, la preparación para la reutilización se lleva a cabo una vez que el producto se convierte en un residuo y vuelve a establecer ciertas condiciones de utilidad.(Tecnalia, 2018). La Figura 2 muestra la cadena que sigue actualmente un producto antes y después de convertirse un residuo.

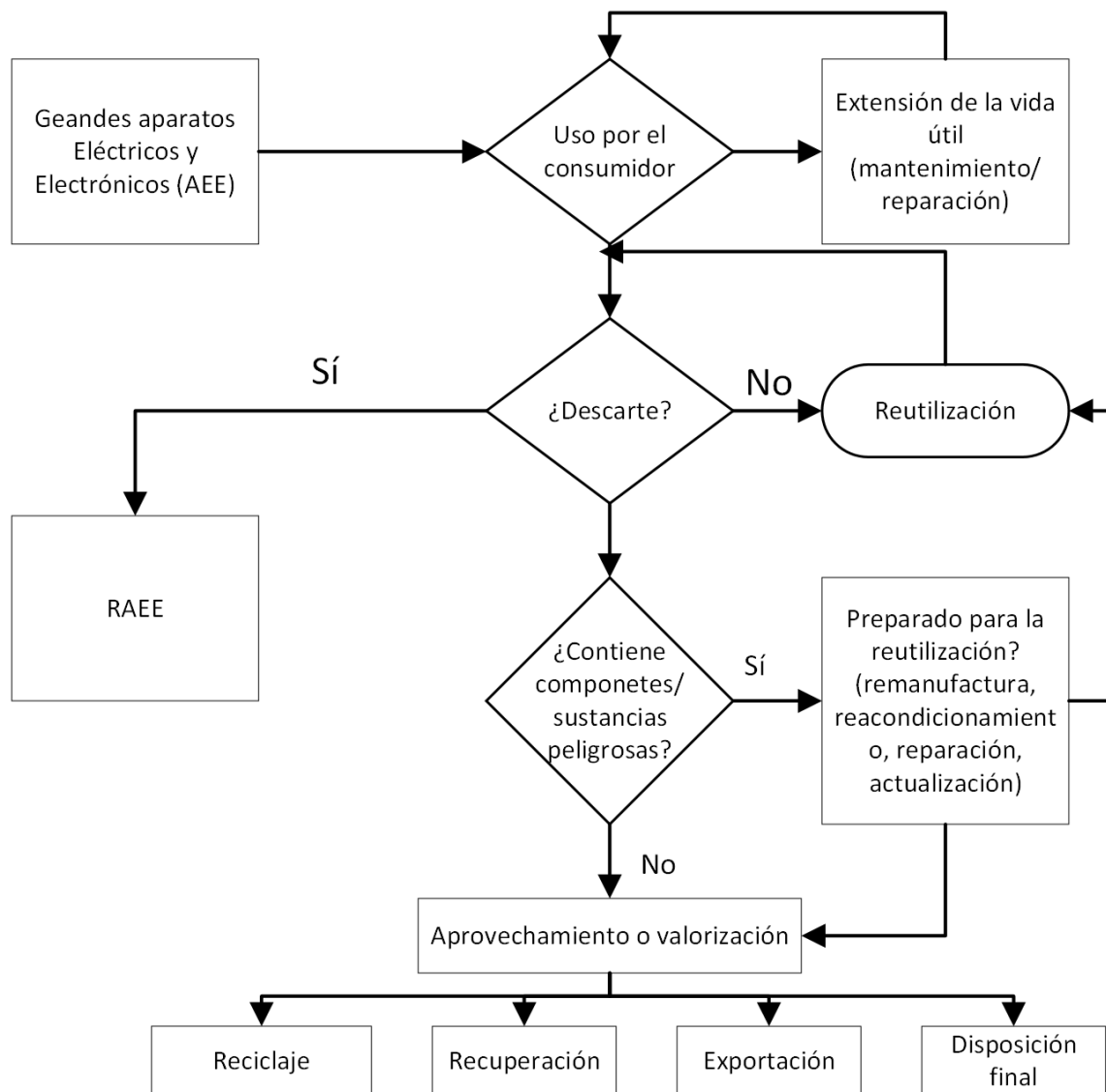


Figura 3. Ciclo de vida de un producto (Fuente: Elaboración propia basado en la Política Nacional “Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos” de Colombia (Ministerio de Medio Ambiente, n.d.)

6.2.5 Valorización de un residuo Eléctrico y Electrónico

Todos los RAEE deberán de ser sometidos a un tratamiento específico de manera previa a cualquier tipo de procedimiento destinado a su reciclado o valorización. (el Reto Demográfico, M. P. la T. E. y. (s/f)). Estos son realizados por empresas gestoras de residuos electrónicos. Dentro de esta investigación, se evaluarán los grandes aparatos eléctricos, tal como lavadoras y cocinas de línea blanca.

De acuerdo con lo establecido en la Ley 20.920/2016 “Establece Marco para la Gestión de Residuos, La responsabilidad Extendida del Productor”, los procesos de pretratamiento de

RAEE corresponden a operaciones físicas preparatorias o previas a la valorización o eliminación destinadas a reducir su volumen. En el artículo 3, se define por tratamiento a aquellas operaciones de valorización y eliminación de residuos.

6.2.5.1 Pretratamiento

El pretratamiento de los grandes aparatos eléctricos y electrónicos se concentra el desmontaje de manera mecánica y manual, para segregar por tipo los componentes. Es necesario conocer la naturaleza del producto para determinar los tipos de herramientas a utilizar durante el proceso de pretratamiento, considerando que cada diseño tiene una complejidad y materialidad distinta al otro, lo que determina la cantidad de piezas a recuperar y herramientas neumáticas o físicas a utilizar durante el proceso de desmontaje. Facilitar su manipulación o potenciar su valorización. Estos procesos corresponden a (E2BIZ, 2019), en este proceso lo relacionamos a productos de Manufactura Chilena de grandes aparatos.

- Clasificación: separación entre AEE para reacondicionamiento y reciclaje.
- Desarme: Separación y clasificación de sus componentes en diferentes contenedores, separando los distintos tipos de residuos (metales, plásticos, vidrio, residuos peligrosos).
- Corte: Proceso utilizado para el corte de estructuras de gran volumen.
- Destrucción: Consiste en la destrucción de productos considerados estratégicos o confidenciales.

Este servicio permite garantizar que los residuos no saldrán al mercado informal.

- Trituración: corresponde a un proceso para reducir el tamaño de una materia sólida, moliéndola en trozos pequeños sin llegar a convertirla en polvo.
- Compactación: proceso que permite la destrucción y minimización de volumen de aquellos aparatos de gran tamaño.

En la tabla 6 se puede visualizar el proceso de pre-tratamiento que tienen los “Grandes Aparatos” dentro de la contextualización con la industria estudiada.

Categoría	Subcategoría	Desarme/separación	Compactación	Corte/destrucción/trituración
Grandes aparatos	Otros grandes aparatos	X	X	x

Tabla 8. Pre-tratamiento de grandes aparatos (Fuente: Elaboración propia en base a E2BIZ, 2019)

6.2.5.2 Tratamiento:

El tratamiento de los RAEE empieza una vez que durante el pre-tratamiento las partes y piezas fueron clasificadas para su posterior valorización. Se reconocen 3 procesos resultantes de estos tratamientos: (Ministerio del Medio Ambiente, 2023)

- Reciclaje: Es cuando un residuo se utiliza como insumo o materia prima en un proceso productivo, incluyendo el coprocesamiento, excluyendo la valorización energética.
- Reutilización: Acción mediante la cual productos o componentes de productos desechados se vuelven a utilizar, excluyendo algún proceso productivo.
- Valorización energética: Tratamiento térmico que se realiza a los plásticos muy degradados. Es una variante de la incineración en que la energía asociada al proceso de combustión es recuperada con fines energéticos, aprovechando así el poder calórico de los materiales.

6.2.6 Análisis de ciclo de vida (ACV)

Cuando hablamos sobre análisis de ciclo de vida (ACV) lo asemejamos a la durabilidad y tiempo de operatividad de un producto, la norma ISO 14040, define el ciclo de vida como “el Análisis de Ciclo de Vida es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”

En la fase del diseño de un producto se define el ciclo de vida que tendrá el producto, es decir, su duración, consumo energético, aptitud para un proceso de recuperación y otro (Basque Ecodesing center, 2016) es esencial considerar los factores de ecodiseño para una economía circular en un producto. Si bien, el ACV permite tener un modelo simplificado del sistema productivo de un producto y de sus impactos asociados, no logra entregar una completa cobertura del todo ciclo de vida, ya que, en algunos casos, el acceso a la información para el diseño de este no siempre se logra abarcar.

Metodología para la definición de un análisis de ciclo de vida (ACV) esta definición abarca cuatro componentes que permiten generar un estudio de acuerdo con el alcance. (Escola de CAMINS UPC BARCELONATECH., n.d.)

1. Definición de los objetivos y el alcance: Se establecen de manera precisa los objetivos que fundamentan el estudio y se delimitan del sistema que está en análisis con el fin de definir los objetivos que se quieren alcanzar. Además, se deben identificar los distintos componentes del ACV que se considerarán. Dentro de las principales acciones que se encuentran dentro de esta etapa: La definición de unidad funcional, establecimiento del sistema y sus confines, análisis de la calidad de los datos.
 - ✓ Unidad funcional: desempeño cuantificado de un sistema del producto para su uso como unidad de referencia.
2. Análisis del inventario: En este punto, se elaboran los balances de masa, energía y relevancia ambiental a lo largo del ciclo de vida. Se debe realizar un seguimiento detallado de la información en el cual se visualicen las entradas y salidas de cada fase del ciclo.
3. Evaluación de los impactos ambientales potenciales: Es importante considerar la salud y seguridad de las personas como las cargas ambientales asociadas. Se identifican y caracterizan los impactos ambientales que se incluirían en el análisis, estableciendo sus distintas etapas en el ACV.
4. Interpretación: Los resultados deben ser interpretados de acuerdo con lo definido en el objetivo y alcance del estudio (ISO 14041, 2000). Se debe realizar un análisis de los datos obtenidos y también de sus salidas, atendiendo la significancia de cada uno.

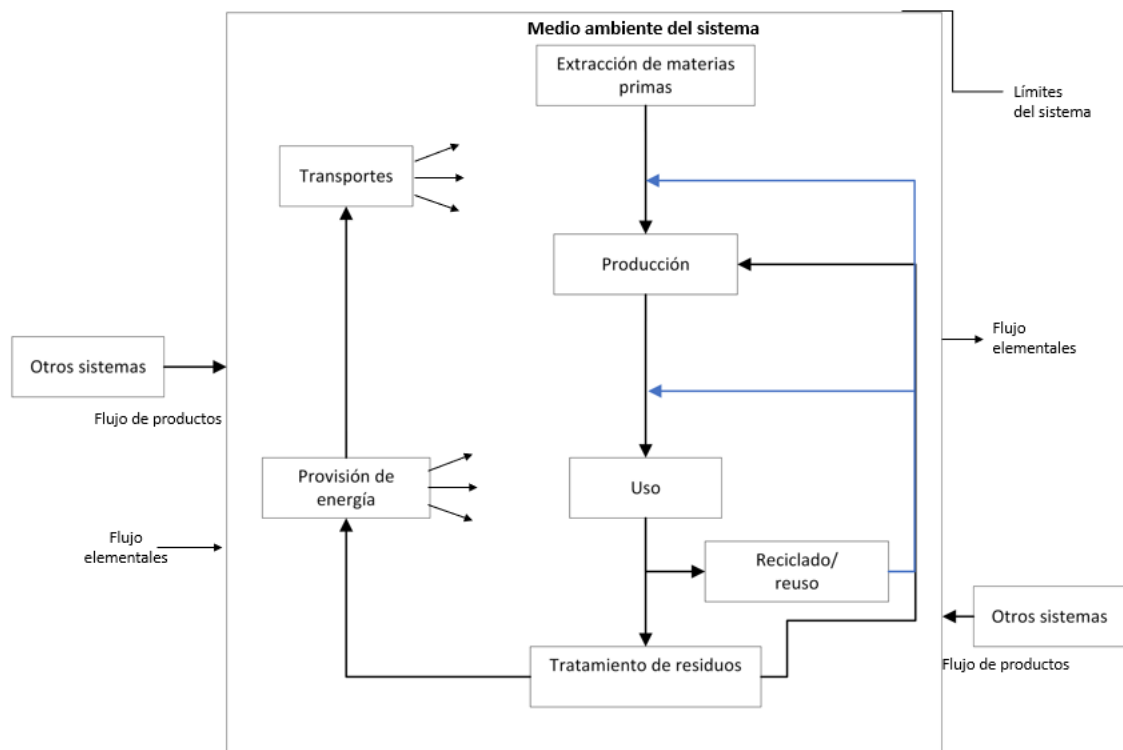


Figura 4. gestión ambiental- evaluación del ciclo de vida (Fuente: ISO 14041 “gestión ambiental- evaluación del ciclo de vida”, 2020)

El ciclo de vida de un aparato eléctrico y electrónico (AEE), desde su manufactura hasta su retirada al mercado considera: Adquisición de materias primas y extracción, Producción, transporte y distribución, Utilización, reutilización y mantenimiento, y Reciclaje/valorización/disposición final.

Dentro de los actores que participan en el ACV de un Aparato Eléctrico y Electrónico (AEE) que juegan roles importantes a lo largo de su producción y disposición final se encuentran los Productores, Distribuidores y gestores, los cuales se debe tener en consideración para obtener una comprensión completa de los impactos ambientales, sociales y económicos asociados a esto. (Ministerio del Medio Ambiente, 2023)

1. Productores: Serán definidos de acuerdo con la ley 20.920/16 del MMA como la persona, que independiente de la técnica de comercialización, enajena un producto prioritario por primera vez en el mercado nacional; Enajena bajo marca propia un producto prioritario adquirido de un tercero que no es el primer distribuidor; importa un producto prioritario para uso profesional.

2. Distribuidores: Será definido como toda persona natural o jurídica, distinta al productor, el cual comercializa un producto para la venta del producto.
3. Gestores: El gestor, será definido por la ley 20.920/16, como quien realiza cualquier manejo de residuos y que se encuentra con autorización para hacer pretratamiento, tratamiento con valorización o disposición final.

6.3 Marco Normativo: Aspectos Regulatorios y Legales

El marco normativo en Chile en los últimos años ha buscado enfrentar los desafíos mundiales e integrarse al problema global a través de la participación en los acuerdos internacionales y tratados bilaterales o multilaterales. Además, la elaboración de leyes que permiten un avance en materia de gestión de residuos eléctricos y electrónicos (RAEE) considerando que estos productos contienen sustancias peligrosas y que el aumento de la generación de residuos ha guiado que se regulen de manera internacional y nacional con el fin de potenciar y aportar en el desarrollo sostenible del país.

En cuanto a instrumentos normativos internacionales, el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPS) sustancias químicas tóxicas, las cuales tienen una alta capacidad de persistir en el medio ambiente durante un largo período de tiempo sin degradarse. En Chile el Convenio fue aprobado el año 2004 por el Congreso Nacional, y se ratificó el año 2005 y fue promulgado mediante el D.S 38/2005 del Ministerio de Relaciones Exteriores, el cual “Promulga el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes y sus Anexos” tiene como principal objetivo proteger la salud humana y el entorno natural al abordar los efectos de los contaminantes orgánicos persistentes (COPs), así como establecer medidas para su control, monitoreo, promover alternativas más seguras y sostenibles. Además, busca fomentar la cooperación internacional y la transferencia de tecnología para su dicha implementación (Ministerio de Relaciones Exteriores, 2005). Los COPS regulados por este convenio se agrupan en tres tipos de sustancias: Productos químicos industriales, Subproductos no intencionales de sustancias químicas precursoras o procesos térmicos y Plaguicidas.

El Convenio de Basilea es un acuerdo de carácter multilateral junto a 187 países que lo ratificaron el año 1989 en Suiza, el cual se firma en el contexto de la creciente preocupación por los daños generados por los desechos peligrosos, es por eso que, regula el control

transfronterizo y la eliminación de desechos peligrosos, teniendo como objetivo reducir al mínimo los daños causados a la salud humana y al medio ambiente generado por los desechos peligrosos y otros desechos. Todo esto, es mediante la armonización de políticas, estrategias y medidas apropiadas para su control y eliminación. (Ministerio de Relaciones Exteriores, 1992). Algunos de los desechos que son regulados son Baterías de plomo de ácido usadas, Lámparas fluorescentes, Circuitos Impresos, Componentes Electrónicos, Cables, Transformadores contaminados con bifenilos policlorados, Entre otros.

El Protocolo de Montreal fue promulgado en Chile el año 1990 a través del D.S N°238 del Ministerio de Relaciones Exteriores. Actualmente posee 197 ratificaciones. Es un acuerdo de carácter multilateral, el cual tiene como objetivo proteger la capa de ozono, a través de la regulación de la reducción de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) a través de la reducción, control y regulación de la producción y su consumo. En total es un control de casi 100 sustancias las cuales están divididas en varias categorías. (Naciones Unidas, n.d.). Entre estas sustancias se encuentran clorofluorocarbono, el cual es un gas refrigerante sintético, el cual no es originario de la naturaleza, el cual fue utilizado a través de los líquidos refrigerantes utilizados en refrigeración (Ministerio de Medio Ambiente, 2018).

Legislación Chilena respecto del almacenamiento y manejo de un RAEE considera que dentro de la cadena logística de un RAEE, al momento de llegar al tratamiento y separación de su proceso, se deben tener condiciones de almacenamiento necesaria para los RAEE, lo cual se encuentra establecido dentro del Decreto Supremo 148/2004 del Ministerio de Salud, Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos en su artículo 29 establece que las instalaciones deberán contar con una autorización sanitaria otorgada por la autoridad sanitaria de la región. Por otro lado, también se encuentra el Decreto Supremo 594/1999 del Ministerio de Salud, Reglamento Sanitario Sobre las Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.

Según se establece en el DS 148/2004 el almacenamiento de residuos peligrosos no podrá exceder los seis meses, salvo que la autoridad sanitaria permita la extensión del tiempo hasta seis meses más. Dentro de sus requisitos de acuerdo con lo establecido en su Artículo 33:

- a) Tener una base continua, impermeable y resistente estructural y químicamente a los residuos.

- b) Contar con un cierre perimetral de a lo menos 1,80 metros de altura que impida el libre acceso de personas y animales.
- c) Estar techados y protegidos de condiciones ambientales tales como humedad, temperatura y radiación solar.
- d) Garantizar que se minimizará la volatilización, el arrastre o la lixiviación y en general cualquier otro mecanismo de contaminación del medio ambiente que pueda afectar a la población.
- e) Tener una capacidad de retención de escurrimientos o derrames no inferior al volumen del contenedor de mayor capacidad ni al 20% del volumen total de los contenedores almacenados.
- f) Contar con señalización de acuerdo con la Norma Chilena NCh 2.190 Of 93

Por otro lado, de acuerdo con el Artículo 8 del DS 148/94 los contenedores de residuos peligrosos deben cumplir con ciertos requisitos:

- a) tener un espesor adecuado y estar contruidos con materiales que sean resistentes al residuo almacenado y a prueba de filtraciones,
- b) estar diseñados para ser capaces de resistir los esfuerzos producidos durante su manipulación, así como durante la carga y descarga y el traslado de los residuos, garantizando en todo momento que no serán derramados,
- c) estar en todo momento en buenas condiciones, debiéndose reemplazar todos aquellos contenedores que muestren deterioro de su capacidad de contención,
- d) estar rotulados indicando, en forma claramente visible, las características de peligrosidad del residuo contenido de acuerdo con la Norma Chilena NCh 2.190 Of 93, el proceso en que se originó el residuo, el código de identificación y la fecha de su ubicación en el sitio de almacenamiento.

En cuanto a los RAEE que son catalogados como residuos no peligrosos o residuos generados durante el proceso de tratamiento o pretratamiento que son catalogados como residuos no peligrosos, se rigen bajo el Decreto Supremo 594/1999, en el cual en su artículo 18 especifica que “la acumulación, tratamiento y disposición final de residuos industriales dentro del predio industrial, local o lugar de trabajo, deberá contar con la autorización sanitaria”. El

Decreto Supremo 148/2004 del Ministerio de Salud define que en su artículo 18 las categorías de residuos peligrosos, a menos que su generador presente ante la autoridad sanitaria ninguna característica de peligrosidad:

Lista I: Categorías de residuos consistentes o resultantes de los siguientes procesos, que en I.10 lista las Sustancias y artículos de desechos que contengan o estén contaminados por bifenilos, policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenifelos polibromados (PBB).

Lista II: Categorías de residuos que tengan como constituyente. La sección II.23 lista Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente artículo.

Por otro lado, en el Artículo 90 se definen en la Lista A todos aquellos residuos considerados peligrosos. En cuanto a la relación de éstos con los RAEE, se encuentran:

- A1180: Montajes eléctricos y electrónicos de residuo o chatarras de éstos que contengan capacitores de PCB, o contaminados con constituyentes de la Lista II del artículo 18.
- A3180: Residuos, sustancias y artículos que contienen, consisten o están contaminados con bifenilo policlorado (PCB), terfenilo policlorado (PCT), naftaleno policlorado (PCN) o bifenilo polibromado (PBB), o cualquier otro compuesto polibromado análogo, con una concentración de igual o superior a 50 mg/kg.

Por lo tanto, cualquier RAEE que cumpla con una de estas dos características, también será considerado como RESPEL (residuos peligrosos) bajo esta regulación.

La ley 20.920/16 del Ministerio de Medio Ambiente de Responsabilidad Extendida del Productor promueve la disminución de la generación de residuos, fomenta la reutilización, el reciclaje y otros tipos de valorización a través de sus distintos instrumentos. También, se debe garantizar que los productores de productos prioritarios financien y organicen la recolección y valorización de los residuos generados proveniente de su comercialización dentro del territorio nacional (MMA). Los productos prioritarios aplicables a la Ley son Aceites lubricantes; Aparatos eléctricos y electrónicos; Baterías; Envases y embalajes; Neumáticos; y Pilas.

Para efectos de la ley aplica a los productores que introduzcan al mercado bajo estos tres conceptos:

- a) Enajenar un bien de consumo envasado o embalado por primera vez en el mercado nacional.
- b) Enajenar bajo marca propia un bien de consumo envasado o embalado adquirido de un tercero que no es el primer distribuidor.
- c) Importar un bien de consumo envasado o embalado para el propio uso profesional.

Dentro de las obligaciones asociadas que tiene la Ley:

1. Informar de manera anual a través del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RECT) del Ministerio de Medio Ambiente, acerca de los principales aspectos de su gestión de residuos.
2. Organizar y financiar la recolección, almacenamiento, transporte y tratamiento de residuos de productos prioritarios a través de un Sistema de Gestión.
3. Cumplir con las metas de recolección y valorización de residuos que se fijan para cada categoría de producto.
4. Eventualmente, otras obligaciones que la Ley habilita a establecer mediante decreto supremo, tales como ecodiseño; certificación, rotulación y etiquetado de productos; sistemas de depósito y reembolso, entre otras

Una vez publicada la ley REP en el Diario oficial, durante febrero 2022 se presentó el Análisis General de Impactos Económicos y Social (AGIES) de los Aparatos eléctricos y Electrónicos y Pilas. El decreto de pilas y baterías, En marzo de 2022 se publicó el anteproyecto, el que fue sometido a consulta pública. En julio se amplió en seis meses el plazo para dictar la propuesta de decreto supremo.

7 Implementación Sistémica de la Economía Circular: Aspectos Clave

7.1 Factor humano

7.1.1 Ergonomía para Montaje y Desmontaje de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

La fabricación de aparatos eléctricos y electrónicos son procesos mecanizados que contienen impactos significativos en el medio ambiente y salud de los trabajadores. En base a esto, la Ergonomía cumple un rol importante en el montaje y desmontaje de los productos, ya que crea proceso más sostenibles y eficientes en el uso de recursos. Concepto relevante en la

consideración en el proceso de integración de Economía Circular y la interacción del Factor Humano con el entorno y en particular con los procesos manuales actualmente ejecutado, estableciéndose en muchas ocasiones como barreras claves en el proceso de implementación.

La relación que existe entre el Factor Humano y su interacción con el Ecodiseño puede contribuir de manera clave a la sostenibilidad (Tosi, F. 2012). En el diseño para la sostenibilidad, la Ergonomía, la cual se entiende como una correcta interacción entre el factor Humano y el proceso con sus elementos interactuantes en un contexto sistémico es un factor estratégico para la innovación, ya que a través de ella se puede reducir el desperdicio al crear productos los cuales tienen una mayor facilidad para el armado y desarme, mayor durabilidad, un mejor manejo en el uso y que requieren menos mantenimiento, también permite a reducir el riesgo de desperdicio, producto que trabaja directamente de las capacidades y habilidades humanas tanto en el inicio del ciclo de vida como al final del mismo, así como también de las necesidades de los consumidores de los productos y actividades humanas . (Tosi, F. 2012)

Por otro lado, la Ergonomía puede influir en proceso de fabricación y reciclaje más seguros y eficientes, ya que promueve la salud y seguridad de los colaboradores, por lo que puede mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental de la fabricación de AEE. Aspectos clave y poco abordado actualmente por la industria nacional.

En lo que respecta al mantenimiento y reciclaje del producto, la Ergonomía puede ayudar desde el diseño a la creación de diseños ergonómicos que promuevan el uso sostenible durante toda la vida útil del producto, ya que contribuye al fácil desmontaje de un producto, permitiendo una mayor recuperación de materialidades durante el proceso de valorización del RAEE, o bien, extender su vida útil a la facilidad de reparación. A su vez, al uso innovador, ya que permite comprender e interpretar las necesidades y expectativas reales de las personas en sus acciones y comportamientos cotidianos.

Desde el punto de vista de recursos, la Ergonomía puede ayudar al uso eficiente de recursos y al ahorro de energía, ya que aporta desde un enfoque metodológico en los procesos de evaluación durante el diseño del producto, también, genera un ambiente seguro, cómodo y saludable para los trabajadores, ante la prevención de lesiones, fatiga y estrés, lo que aporta a la reducción de costos para las organizaciones, producto de la disminución de riesgos de

accidentes. Por otra parte, su consideración permite adecuar los procesos a implementar en EC a las normativas vigentes y relacionadas a las condiciones de trabajo en el cual se ejecutan estos procesos.

Con respecto al factor humano y su relación con entorno en el contexto de la implementación de la EC se aprecia que el diseño del producto y su tratamiento final (desmontaje) pasan a ser un factor relevante en la determinación de la implementación de acciones orientadas a la reutilización de materiales de productos que terminaron su ciclo de vida.

En específico, el abordaje debe estar orientado a dos aspectos relevantes, el primero asociado a la complejidad de desarme el cual se debe hacer cumpliendo estándares normativos que se orientan al cuidado de la salud y seguridad de las personas entre ellos se puede citar el cumplimiento de la ley 16.744/1998 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social “Establece Normas Sobre Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales”, D.S 594/1999 del Ministerio de Salud “Aprueba Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo” (art.110), Ley 20.001/2005 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social “Norma Trastornos Músculos Esqueléticos Relacionados al Trabajo (TMERT)”, Ley 20.949/2016 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social “Norma de Manipulación Manual de Cargas” , por lo que el concepto de implementación de Economía Circular (EC) debe considerar en la conceptualización los productos, su producción y posterior desarme aspectos que permitan el incentivo a que este producto en su ciclo de vida pueda considerarse en base a estos objetivos que se buscan.

En segundo lugar, tal como señala la evidencia científica al poseer procesos productivos en los cuales la exigencia de trabajo, como pudiera ser la dificultad de desarme, que impacte directamente sobre las personas involucradas en el proceso conllevan a una pérdida de eficiencia lo que representará un desincentivo para la reutilización, remanufactura, reacondicionamiento, reparación de partes y componentes de productos en un contexto de implementación de EC.

En este contexto, un abordaje sistémico debe considerar la preocupación desde una mirada social, con foco de sostenibilidad a fin y efecto de que las empresas u organizaciones consideren la implementación de la EC, aproximando las demandas desde una perspectiva productiva, así como también el cuidado de la salud y seguridad de las personas. Por otro

lado, las actividades de desmontaje y tratamiento emplean en muchos casos a personas en riesgo de exclusión social, ya que se trata de procesos manuales que no precisan de capacitación técnica para ejecutarlos (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). En lo que respecta, la integración del concepto de ecodiseño es fundamental para la integración de EC, Los productos deben diseñarse para su reutilización, durabilidad y eventualmente reciclaje seguro (FCH, 2020).

Desde el punto de vista del diseño del producto y desde la Ergonomía se debe adoptar una perspectiva más amplia para poder abordar los desafíos globales en términos de ambientales. (Thatcher et al., 2018).

7.1.1.1 Salud

Junto a lo anterior, y en el contexto de abordaje del fenómeno de la implementación de la EC cabe destacar otros aspectos relevantes y vinculados con el factor humano inserto en este contexto, es en este sentido que se describe que el manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) se ha convertido en una práctica esencial para mitigar la contaminación ambiental y gestionarlos de manera sostenible, sin embargo, este proceso no queda exento de las posibles consecuencias y afectación a la salud humana. Cuando se habla sobre estos procesos con relación a estos productos, existe poca conciencia sobre el manejo y sobre las técnicas de gestión de estos desechos (Lundgren, 2012).

Los RAEE contienen metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes, retardantes de llama y otras sustancias peligrosas que se pueden encontrar en ellos, tales como el plomo, cadmio, mercurio, y otras sustancias que pueden añadirse durante algunos procesos de recuperación, como lo es el cianuro, los cuales constituyen un riesgo para la salud humana y el medio ambiente. (Lundgren, 2012). Por lo que, los trabajadores directos y los residentes locales están expuestos a sustancias químicas tóxicas por inhalación, ingestión de polvo, exposición dérmica e ingesta oral. La inhalación y la ingestión de polvo imponen una variedad de riesgos laborales potenciales, incluida la silicosis (Lepawsky & McNabb, 2010). Los trabajadores de residuos de RAEE también se encuentran expuestos a otros peligros los cuales pueden provocar ciertas lesiones físicas y dolencias crónicas como asma, enfermedades de la piel, irritaciones oculares y enfermedades estomacales (Raghupathy Lakshmi, 2010)

En base a esto, los trabajadores pueden estar expuestos directa o indirectamente a una variedad de sustancias peligrosas contenidas en los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) durante las actividades de recuperación y reciclaje de estos desechos. La gestión de estos residuos es en general una actividad que se realiza de manera manual, no con sistemas tecnológicos que permitan la eficacia de extraer y crear un valor en RAEE (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación & Oficina de País de la Organización Internacional del Trabajo para Argentina, 2020). Las personas que participan directamente en el reciclaje sin equipos de protección personal están altamente expuestas en sus trabajos. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). Lo cual, lo une directamente con el marco normativo aplicable que deben tener las valorizadoras para potenciar la Salud y Seguridad de los trabajadores durante el proceso de desmontaje y recuperación manual de los componentes y piezas. Un peligro particular asociado con la etapa de desmontaje es la posibilidad de liberación accidental y derrame de sustancias peligrosas al romperse la carcasa, como el mercurio, que se encuentra en las fuentes de luz y en los interruptores. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017)

7.2 Factor Económico

Cuando se integra el enfoque de economía circular, se hace con un nuevo paradigma económico productivo, el cual pone énfasis en los principios establecidos en la EC, como es la minimización de recursos no renovables, prolongación de vida útil de los bienes, reutilización de los materiales los cuales entran en un ciclo económico eliminando la mínima expresión de residuos y emisiones, y la capacidad regenerativa del ecosistema (Ellen MacArthur Foundation, 2013). El enlace a los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, se integra la necesidad de repensar el diseño del producto para permitir la reutilización económica de los activos, así como de los componentes y materiales, sin embargo, aún existen gran cantidad de productos que terminan en vertedero o rellenos sanitarios después de su primer uso, o simplemente, están almacenados por una perpetuidad, por lo que implementar nuevos modelos de negocios es fundamental para integrar una mayor recircularidad de los productos. (Ellen MacArthur Foundation, n.d.). Aun así, la prevención y la reutilización están en la cima de la jerarquía de los residuos porque son "preferibles al reciclaje, desde el punto de vista ambiental, debido al ahorro de energía en la fase de producción y al uso de materias primas, excepto si permanecen en servicio productos ineficientes". (E-Waste Monitor, 2022).

La gestión de los RAEE involucra costos asociados a la recolección, el reciclaje y disposición final de estos residuos. Además, la reutilización de materiales presente en estos productos puede tener implicaciones positivas al reducir la necesidad de extraer recursos naturales para la fabricación de nuevos productos, sin embargo, las actuales tasas de reutilización, recuperación de materiales y reciclado son todavía bajas. En tales condiciones, las mejoras de diseño previamente deberían ampliar las opciones de recuperación y reciclado. (GTZ, 2009). Captar el valor residual o de utilidad es esencial para alcanzar a una economía circular para la electrónica. (Ellen MacArthur Foundation, n.d.)

Por su parte, los científicos a nivel internacional creen en que una gestión optimizada de los residuos puede permitir obtener beneficios económicos, ambientales y sociales (Cucchiella et al., 2014). Actualmente, los RAEE presentan la mayor tasa de crecimiento anual del 3% al 5%, eliminándose cada año entre 30 y 50 millones de toneladas, en los cuales se encuentran diferentes tipos de sustancias, que requieren un proceso de reciclaje específico para evitar problemas ambientales y a la salud (Cucchiella et al., 2015b). Esta tasa está destinada a aumentar en el futuro, impulsada, entre otros factores, por la transferencia ilegal de casi el 50% de los RAEE generados por países desarrollados a países en desarrollo en forma de ayuda humanitaria o productos usados. (Cucchiella et al., 2015b).

En el caso de la experiencia internacional, se encuentra que todos los países europeos se enfrentan a obstáculos similares en las actividades de reparación: un sector muy fragmentado en unidades que difieren significativamente en cuanto a tamaño y tipo, aunque la creciente importancia de la reparación (Vence & López, 2022). Los costos que existen por la reparación de un producto pueden ser elevados si se hace la comparación con los productos nuevos, por lo que existe una preferencia por parte de los consumidores por los productos nuevos, es por eso, que la literatura destaca que las principales barreras en relación al costo y a la reparabilidad es que esto dos conceptos depende del diseño del producto y su obsolescencia, por lo que, para la creación de nuevos modelos de negocios, es importante hacer una integración de cambios técnicos que respondan a la lógica circular en el caso de la reutilización, extensión de vida útil, reparación y remanufactura. (Vence & López, 2022)

Se identifican retos, como riesgos ambientales y sociales, insuficiente tecnología y la falta de modelos económicos sostenibles que deben abordarse.(ICEDE, 2023) En el ámbito de oportunidades, se destaca el potencial económico que tiene la minería urbana, especialmente en la recuperación de metales valiosos de RAEE. Estos residuos pueden abrir nuevos mercados y generar productos de valor agregado con nuevos desarrollos tecnológicos para su recuperación, promoviendo el sistema de reciclaje. Además, el diseño de un sistema de financiamiento para la gestión de RAEE debería considerar incentivos económicos, como incentivos tributarios o arancelarios, para los actores comprometidos con los costos asociados a la gestión de equipos históricos.(CEPAL, 2021a)

Por otro lado, según la literatura científica, el desempleo es otro desafío global, con más de 61 millones de empleos perdidos desde la crisis financiera global en 2008, y en el año 2018 hay más de 200 millones de personas potencialmente activas económicamente desempleadas a nivel mundial (Thatcher et al., 2018). En lo que respecta el empleo generado por concepto de gestión de RAEE, se estima que, por cada 1.000 toneladas de este residuo reciclados por año, se obtienen 40 empleos relacionados a laborales relacionados a distintas etapas del ciclo de vida del producto, desde la recolección, transporte, pretratamiento hasta el control. Por lo que, el impacto a nivel nacional podría llegar a 6.006, 7.442 y 4.448 puestos de trabajo respectivamente (CEPAL, 2021a)

Por otro lado, dentro de la incorporación de un programa de economía circular implica que una empresa lleve a cabo diferentes estrategias para mejorar la circularidad de su sistema productivo y también sus interrelaciones con otras empresas a lo largo de la cadena de suministro para la consecución de un patrón circular más efectivo (Wrinkler, 2011). Por lo que, dentro de los beneficios económicos que tiene la economía circular en la industria es definidos por Ellen MacArthur Foundation:

- Crecimiento económico: este está definido por el PIB, el cual se lograría principalmente por la combinación de mayores ingresos provenientes de actividades circulares y menores costos de producción. Estos cambios en los insumos y productos de las actividades de producción económica afectan la oferta, la demanda y los precios en toda la economía.

- Ahorro de costes de materiales y recursos: Ya que se utiliza menos material virgen y más insumos reciclados, además, se puede reducir la generación de enfermedades profesionales por concepto de diseño del producto. (Tosi, 2012)
- Creación de empleos y negocios: Actividades de reciclaje de alta calidad y que requieren mucha mano de obra; y empleos más cualificados en la remanufactura.
- Innovación: Los beneficios de una economía más innovadora incluyen mayores tasas de desarrollo tecnológico, mejores materiales, mano de obra, eficiencia energética y más oportunidades de ganancias para las empresas.
- Mejora la interacción y fidelización del cliente: Los nuevos modelos de negocio, como los contratos de arriendo, establecen relaciones a más largo plazo, a medida que aumenta el número de puntos de contacto a lo largo de la vida útil de un producto.

Los actuales instrumentos normativos que existen en Chile buscan que los productores puedan integrar herramientas de Economía Circular en el diseño de sus productos, con el fin de crear instrumentos que logren promoverla. En lo que respecta en términos de Ley 20.920/16 del Ministerio de Medio Ambiente sobre “Responsabilidad Extendida del Productor” su regulación significará aumento en costos y beneficios para las empresas. Dentro de sus artículos se reconoce explícitamente los instrumentos de valorización y prevención, reconociendo al ecodiseño, Mecanismos para prevenir la generación de residuos, como parte de ellos, sistemas de depósito y reembolso, también, se reconoce que los decretos que fijan metas puedan contener exigencias en relación con el ecodiseño, lo que permitirá crear nuevos mecanismos de financiamiento y negocio.

Artículo 4º.- De la prevención y valorización. Todo residuo potencialmente valorizable deberá ser destinado a tal fin evitando su eliminación.

- ✓ a) Ecodiseño.
- ✓ c) Sistemas de depósito y reembolso.
- ✓ F) Mecanismos para prevenir la generación de residuos, incluyendo medidas para evitar que productos aptos para el uso o consumo.

Artículo 13.- Obligaciones asociadas. Con el fin de asegurar el cumplimiento de metas, los decretos supremos indicados en el artículo anterior podrán regular las siguientes obligaciones:

- ✓ *d) De diseño e implementación de medidas de prevención en la generación de residuos.*
- ✓ *F) De limitaciones en la presencia de sustancias peligrosas en los productos.*
- ✓ *G) De exigencias de ecodiseño.*

Por otro lado, se favorecerá la sostenibilidad económica de la Ley y la inversión de las economías de escala. Por lo que, el Estado actuará como facilitador a través de políticas públicas e incentivos al sector privado para que afronte los costos estructurales asociados a la implementación de la Ley.

En esta línea, las infracciones de la Ley son sancionadas con multas de hasta 10.000 UTM, además de la responsabilidad civil por los daños causados por la mala gestión de residuos peligrosos.

A su vez, en el documento del Ministerio de Medio Ambiente “Ante proyecto de Metas de Recolección y Valorización para Pilas y Aparatos Eléctricos y Electrónicos” (AGIES), mencionan que, los beneficios económicos por la implementación de la Ley REP, serán valorizables por el aumento en recolección y valorización ascienden a USD 391,5 millones en valor presente. También, los costos monetizados por la recolección, transporte, pretratamiento, valorización, administración, y garantía del Sistema de Gestión se estiman en USD 328,1 millones en valor presente. También, la valoración de los beneficios y costos del escenario regulatorio propuesto indica que la implementación de las metas es rentable desde la perspectiva social con una razón beneficioso costo de 1,2. Si bien el mayor aporte a los beneficios netos se genera por la venta de los residuos valorizados, es importante considerar que existen una serie de beneficios sociales que no han podido ser valorizados pero que, sin embargo, existirán producto de la implementación de la normativa. (Ministerio de Medio Ambiente, 2022)

Por otro lado, desde la actual gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, no permite una valorización de todos los componentes. Según estudios del informe N° de E2BIZ, se menciona que, el valor estimado de la recuperabilidad de un RAEE es de un 79%, mientras que el 21% de estos productos se va a relleno sanitario. Lo que parte, la mayoría de los costos asociados durante la ley REP se verán asociados a recolección y transporte,

dejando los valores de valorización en negativo, los siguientes datos se presentan utilizando una tasa de descuento del 6% (E2BIZ, 2019b).

Etapa/ Escenario	Metas Bajas	Metas Medias	Metas Altas
Recolección (incluye transporte)	2.125.142.178	3.195.471.376	4.254.610.749
Pretratamiento	43.378.838	66.231.361	89.341.615
Valorización	-883.549.154	-1.337.095.247	-1.821.698.811

Tabla 9. Valor presente de costos de escenarios por etapa (USD) Fuente: (E2BIZ, 2019b)

La financiación de este sistema cumple un favor relevante para la sostenibilidad, producto que con los costos actuales podría afectar en su financiamiento. Por este motivo existirá una “Ecotasa” que se implementará para poder sustentarlo. Los resultados del estudio mencionan que la venta de RAEE estará en un rango de 500-1000 USD/ton de AEE puestos en el mercado según el nivel de ambición. Se espera que esta ecotasa vaya aumentando con el nivel de recolección. Los resultados de costos beneficio permiten inferir que la valorización permitirá cubrir alrededor del 40% de los costos de implementación de la ley REP. Por ello, deberán financiarse adicionalmente costos anuales en un rango USD 170-350 millones según el escenario. La ecotasa que permitiría financiar estos costos- y aplicada a la venta de AEE- se encontrará entre los 500 y 1000 USD/ ton AEE. (E2BIZ, 2019b).

Esto va directamente relacionado con la literatura científica visualizada en este estudio, al existir complejidades en el diseño de los productos, disminuyendo su potencial de reciclabilidad del producto, por lo que la integración de ecodiseño es esencial para obtener una mayor reciclabilidad de un producto.

7.3 Factor ambiental

Los aspectos ambientales, económicos y sociales de los desafíos globales actuales están conectados entre sí. El Foro Económico Mundial en 2016 presentó una serie de desafíos globales, incluidos el crecimiento de la población, la desigualdad de la riqueza, las finanzas globales, la energía, el cambio climático, la industria 4.0, la salud y la educación (Thatcher et al., 2018). Por lo que, el diseño de un producto puede tener un impacto significativo en los desafíos globales mencionados, producto de que un diseño que promueva la eficiencia y reducción de recursos puede contribuir al abordar los desafíos actuales que existen en relación con el cambio climático. Desde esa misma perspectiva, producto que en su proceso de elaboración sea diseñado para reducir desperdicios puede ser una contribución a los

desafíos (Thatcher et al., 2018) el cual va en la misma línea con el primer principio de Economía Circular establecido por (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

La gestión de los RAEE puede hacer surgir la presencia de distintos compuestos, como metales pesados, compuestos orgánicos persistentes, retardas y otras sustancias que pueden ser potencialmente peligrosas. Hay sustancias, que, por su composición, pueden ser motivo de preocupación al momento de tener un manejo durante el proceso de recuperación o reciclaje, como lo son el plomo, mercurio, sustancias que pueden agregarse durante algunos procesos de recuperación, como el cianuro; y sustancias que pueden formarse mediante procesos de reciclaje, como las dioxinas.(Lundgren, 2012).

Las sustancias tóxicas pueden estar en los siguientes tipos emisiones o salidas (Lundgren, 2012):

1. Lixiviados que pueden venir de actividades de tratamiento y disposición final.
2. Partículas gruesas y finas proveniente de las actividades de desmantelamiento de los RAEE.
3. Cenizas liberadas al aire y cenizas residuales proveniente de las actividades de quema o incineración de componentes.
4. Vapores de mercurio amalgamado provenientes de actividades de “cocción”, de remoción de soldaduras y otras propias de la quema de componentes.
5. Aguas residuales procedentes de instalaciones de trituración y desmontaje de los RAEE.
6. Efluentes de lixiviación con cianuro y otras actividades de lixiviación.

Los RAEE tiene una manera compleja y difícil de reciclar, e incluso se han encontrado problemas con altas concentraciones de metales pesados en el aire en instalaciones de última generación en países desarrollados (Lundgren, 2012). Lo que demuestra que la gestión en el manejo de estos residuos es esencial para evitar impactos ambientales.

La gestión desde el inicio, basado en el diseño y fabricación con la conceptualización de productos que consideren componentes de sostenibilidad, considerando aspectos de fabricación, desarme, tipos de materias primas utilizadas, también la interacción del factor humano en todo el ciclo de vida del producto permite proyectar un impacto

positivo desde un contexto, social, económico y ambiental. Dicha afirmación se centra en que la eficiencia en el proceso de EC lo que permite, una reducción de los residuos generados durante el proceso y el diseño de sistemas de reciclaje. Sistemas vinculados como el Lean Manufacturing, cuyo foco es reducción de los desperdicios (muda) variaciones (mura) e inestabilidad (muri) asociados a procesos de Manufactura, impactando directamente en la disminución residuos generados durante el proceso y el diseño de sistemas de reciclaje. En lo que menciona la literatura, este sistema que garantiza la predictibilidad de los proceso considerando entradas y sistemas operaciones estables, aplicando para ello el desarrollo continuo del factor humano para buscar las mejores prácticas que permitan la reducción del estrés, los problemas musculoesqueléticos y la seguridad, lo que también menciona que, no existe mucha literatura sobre como los proceso como lo es la ergonomía ha analizado cómo el factor humano puede ayudar a reducir los residuos de otras fuentes, como cambios en el puesto de trabajo con el fin de reducir ciertos residuos y recursos del proceso. Por lo que los esfuerzos es que estos desarrollos faciliten el reciclaje y por lo tanto aumenten los esfuerzos del reciclaje (Thatcher et al., 2018) (Taiichi, Ohno., 1988).

Por otro lado, durante el ciclo de vida de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos puede existir un alto impacto ambiental incluyendo la extracción de la materia, transformación, distribución, venta, uso y manejo posconsumo (CEPAL, 2021a) por lo que la literatura menciona que, además de tener beneficios económicos, se busca tener beneficios ambientales (CEPAL, 2021a):

- ✓ Existencia de ahorro energético durante la fabricación de materiales por ser de origen reciclado.
- ✓ Existencia de un mayor control de la gestión y a su vez de la contaminación del agua, aire y el suelo.
- ✓ La recirculación de materiales en el mercado productivo.
- ✓ La preservación de los recursos.
- ✓ Puede existir un aumento en la vida útil de los rellenos sanitarios.
- ✓ La reducción de los efectos adversos que pueden existir para la salud humana.
- ✓ La reducción del impacto sobre fauna y flora.

Tabla análisis - Fabricación, diseño y valorización de AEE			
Tema común	Empresas valorizadoras	Empresa Manufacturera	Privados
Economía Circular (EC)	<p>1) Lo asocian principalmente a un modelo de consumo y producción</p> <p>2) Lo asocian a salir de un modelo lineal a uno circular</p> <p>3) Lo asocian a la eficiencia de recursos, reciclaje, reutilización, reparación, renovación</p>	<p>1) Lo asocian al cambio de un enfoque de lineal a circular</p> <p>2) Creen que la economía circular debe estar presente en la manufactura</p> <p>4) Reutilización y reciclaje de materiales reciclables para reducción de materias primas</p> <p>5) Extensión de la vida útil de los productos</p>	<p>1) Lo asocian a un modelo preventivo y regenerativo</p> <p>2) Lo asocian a la integración de ecodiseño</p> <p>3) Lo asocian a los procesos que no generen residuos en su fabricación</p>
Recuperación, reutilización y reciclaje RAEE	<p>1) Coinciden en el pretratamiento de RAEE en las instalaciones.</p> <p>2) Enfatizan en la estandarización de plásticos para su recuperación</p>	<p>1) Coinciden en la integración de material reciclable en el proceso productivo.</p> <p>2) Enfatizan en la necesidad de</p>	<p>1) Enfatizan en la baja reparabilidad que existe actualmente en los productos</p> <p>2) Enfatizan en los daños ambientales y sociales que puede generar una</p>

	<p>3) Recomiendan que los fabricantes durante el proceso de diseño integren conceptos de ecodiseño para un mejor desmontaje y reciclaje del producto.</p> <p>4) Coinciden en una recuperabilidad del 80% de las lavadoras y 95% cocina.</p>	<p>alinear a los distintos campos para la integración de materiales reciclables.</p>	<p>incorrecta gestión de RAEE</p> <p>3) Se sugiere que exista una mayor capacitación y especialización sobre el manejo de RAEE a los recicladores de base.</p>
<p>Diseño del producto, montaje y desmontaje</p>	<p>1) No cuentan con método específico para la separación de RAEE.</p> <p>2) Separación del producto de manera manual.</p> <p>3) Sugieren que los fabricantes señalicen el producto para su desmontaje.</p>	<p>1) Existe una perspectiva diferente dependiendo del área de trabajo. Se menciona que existe diseño para la reparabilidad y fácil desmontaje, sin embargo, otras</p>	<p>1) Consideran que deben existir capacitaciones para las organizaciones para la integración de ecodiseño en sus productos.</p>

	4) Sugieren que los productos se diseñen de fácil desmontaje para su mejor pretratamiento y posterior tratamiento.	áreas desconocen este proceso.	
Incentivos	1) Sugieren la integración de nuevos procesos de valorización para abrir nuevos mercados de reciclaje.	1) Integrarían un negocio más circular con que exista un ahorro de costos	1) Coinciden a los incentivos gubernamentales asociados a la Ley Responsabilidad Extendida del Productor. 2) Mencionan oportunidad de nuevos tipos de negocios. 3) Se sugiere la integración de la eco modulación para la generar beneficios tributarios asociados al ecodiseño.
Marco normativo	1)Lo asocian a la Ley Responsabilidad Extendida del Productor.	1)Lo asocian a la Ley Responsabilidad Extendida del Productor.	1)Lo asocian a la Ley Responsabilidad Extendida del Productor.

	<p>2) Lo asocian al DS 148 de Residuos Peligrosos</p> <p>3) Lo asocian a las normativas ISO y R2.</p> <p>4) Lo asocian a Tratados Internacionales.</p>		
--	--	--	--

Tabla 10. Análisis - Fabricación, diseño y valorización de RAEE (fuente: Elaboración propia)

8.1 Empresas de reciclaje

1. ¿Qué entiende usted por economía circular?

Al recopilar las respuestas entregada durante la entrevista realizadas a especialistas de sostenibilidad y área comercial de las empresas valorizadoras, revela una perspectiva interesante sobre la comprensión del concepto de Economía Circular. En efecto, el 50% de los entrevistados cree que es un modelo de consumo y producción, el 75% de los entrevistados menciona que se debe salir del modelo lineal para ir a uno más circular. Uno de los conceptos que más se acerca a la definición de la Fundación de Ellen MacArthur es del entrevistado n°2, el cual hace referencia a un "Modelo de producción y consumo busca necesitar en la menor medida de materia virgen para este fin. Reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos (...) para así evitar enviar residuo a relleno y/o prolongar el ciclo (...)". Por otro lado, un 25% menciona que es un modelo que está directamente relacionado con la gestión eficiente de los recursos naturales "Modelo que prioriza la eficiencia de los recursos naturales para alcanzar un desarrollo económico sostenible" lo que resalta la necesidad de priorizar la eficiencia en los recursos, contribuyendo desde el ciclo de vida del producto a un desarrollo sostenible. Se entiende que dentro del concepto de Economía Circular existen muchas aristas, lo que hace que, desde la perspectiva de cada trabajo, pueda tener una definición y un alcance específico al momento de definirlo, lo que muestra la diversidad de perspectivas en relación con esta temática. Es concluyente que

dentro de las empresas valorizadoras existe una concientización sobre lo que es y qué abarca la Economía Circular, demostrando que en este rubro si hay una visión sobre la definición.

EC en base a las 4 respuestas proporcionada por los especialistas se puede indicar que, la economía circular Es un modelo de producción y consumo sostenible que busca un enfoque de producción y consumo distinto, ya que implica que los conceptos de servitización como alquilar, reparar, renovar sean parte de la cadena de valor.

Para los entrevistados, la economía circular vela por la eficiencia en el uso de los recursos naturales, por lo que dentro de este concepto se integra la optimización y conversación de los recursos. Esto va directamente alineado con el principio 3 de la fundación Ellen MacArthur. La valorización y reciclaje de los residuos para convertirlo en un recurso, recuperar materias primas y poder reintegrarlas dentro de la cadena y del ciclo económico para la creación de nuevos productos se vuelve fundamental dentro del desarrollo en las mejoras sostenibles que debe contar cualquier proceso de manejo de residuos eléctricos y electrónicos (RAEE). Si bien, el proceso del reciclaje está al final de la cadena de economía circular, esto representa un cambio en el actual modelo lineal, ya que el enfoque sería más sostenible y circular. Buscan evitar el envío de residuos a relleno sanitarios y también, prolongar el ciclo de vida de los materiales y productos a través de la reparación, renovación, reutilización y reciclaje.

2. ¿Qué tipos de residuos de aparatos eléctricos revisen para desarme, reciclaje y valorización? ¿cuál es el proceso de desmontaje y separación?

En lo que respecta a la pregunta sobre procesos de valorización de RAEE, se buscó entender las metodologías actuales de gestión de residuos que tienen actualmente la industria del reciclaje en Chile. Se evidenció, que el 75% de los entrevistados en sus empresas cuentan con un sistema de pre-tratamiento de los RAEE, sin embargo, no cuentan con procesos de tratamiento, es decir, su principal labor en este proceso es desmontar y separar el producto. El Entrevistado 2 menciona " Falta integrar el proceso de pre-tratamiento" producto de que actualmente, no existe en su proceso, un sistema de tratamiento, sino más bien, quiere incluirlo en un futuro, aun así, entre los entrevistados existen opiniones similares dentro del proceso, es decir, separación del producto, clasificación del producto y posterior destinación. Por otro lado, el 25% de los entrevistados menciona que hace una

recuperación de componentes con características peligrosas, como ilustra la cita "Hay procesos manuales donde recuperamos fracciones peligrosas (...)" lo que evidencia que este proceso no es común en todas las instalaciones, por lo que el desarrollo para aumentar la recuperación de metales preciosos debe ser una estrategia de implementación en las empresas. En esa misma línea, estas respuestas dejan en evidencia la necesidad de potenciar a las industrias en el desarrollo de sistemas de tratamientos en sus instalaciones, producto de las nuevas regulaciones, existe la necesidad de tener un desarrollo del reciclaje más potente a nivel país que permita el cumplimiento de las obligaciones asociadas al marco normativo de la Ley REP.

3. ¿Cuál es el porcentaje de la recuperación de una lavadora y cocina? ¿se recicla todo en sus instalaciones? ¿qué porcentaje va a exportación?

Al momento de solicitar que los entrevistados compartan el nivel de recuperación en porcentaje de una lavadora y cocina, proporcionan una visión interesante de las prácticas de gestión de RAEE entre los entrevistados. El 75% coincide en que una lavadora tiene un nivel de recuperabilidad del 80% y una cocina del 95% entendiéndose que este tipo de electrodomésticos son altamente recuperables, mientras que el entrevistado n°4 menciona "(...) se recupera en promedio el 70% de los metales contenidos en los aparatos(...). El 60% es reciclado en nuestras instalaciones y el 10% se exporta a tratamiento. el 30% restante son componentes y piezas no valorizables" lo que da una recuperabilidad del 60%". señalando una discrepancia con relación a las otras opiniones. Sin embargo, cada empresa tiene su propio proceso y su nivel de recuperación de un producto, lo que el tipo de diferencias que se genera da a comprender que posiblemente no exista método específico empleados para todas las empresas, entendiéndose que cada producto tiene una distinta naturaleza en el diseño. La información adicional del entrevistado n°4 señala "Los plásticos son libres de compuestos orgánicos persistentes, por lo tanto, tienen un potencial de ser valorizados (...)" esta idea refuerza en la comprensión de métodos u oportunidades para ser utilizados en la recuperación de estas materialidades en caso de contener COPS.

4. ¿Qué tecnologías y métodos utilizan para maximizar la recuperación de los componentes de un RAEE? ¿Cuáles son sus principales oportunidades? ¿Cuáles son los desafíos para obtener una mejor separación y recuperación?

En relación con las tecnologías y métodos utilizados para la recuperación de componentes en un RAEE, el 100% de las empresas de reciclaje de este residuo, menciona que busca una correcta segregación y mayor recuperación del producto, sin embargo, mencionan sobre la dificultad al momento de separación. El entrevistado 3 y 4 entran en detalle que se utilizan durante este proceso de carácter manual molienda y separación magnética para consolidar un mayor alcance de las piezas a recuperar. Dentro del testimonio de los entrevistados, el n° 1 indica "Ahora sería responder a la implementación de la ley REP" considerando que actualmente vienen nuevas regulaciones que permitirán tener una mayor atención. En relación con las oportunidades en la industria, el 66,6% de los valorizadores, especifica que debe existir una atención en el diseño del producto, reflejado en textualidades como "Que se utilicen mayores componentes reciclables en los equipos y el ecodiseño (...)" (entrevistado 1), lo que refleja que la necesidad de integrar ecodiseño desde un enfoque del producto es amplia y compartida entre los entrevistados. Por otro lado, el entrevistado n°4 habla la innovación de los procesos actuales que existen para la recuperación de metales, durante la entrevista, el participante expresó "(...)Los desafíos próximos son la recuperación de local de metales preciosos e incluso críticos mediante procesos hidrometalúrgicos (...)"

5. ¿Cuáles son los marcos regulatorios en su proceso de reciclaje? ¿Cómo manejan los residuos peligrosos que puedan estar presentes en los aparatos eléctricos? ¿tienen consideración con los COP?

Al analizar los resultados de la pregunta que solicita a los entrevistados mencionar sobre el marco regulatorio de los RAEE, el 100% coinciden que debe existir un cumplimiento de la normativa ambiental vigente a nivel nacional e internacional. Con afirmaciones como "Legislación nacional aplicable al rubro; además estamos certificados bajo las normas ISO y R2 (...)" (entrevistado n°1). Uno de los entrevistados, el que representa el 25% de la muestra menciona un punto anexo al marco regulatorio como exigencia para las organizaciones con las cuales trabajaría para efectos de valorización de un RAEE, mencionando lo siguiente " , pero a su vez, buscamos actores que van más allá y logran mejorar esos estándares (emisiones, RSE, etc) (...)". Lo cual llama la postura en el sentido que las organizaciones están en busca de la mejora continua más allá de los requisitos legales actualmente existentes. Por otro lado, cuando se pregunta en relación a los

Compuestos Orgánicos Persistentes, uno de los entrevistados menciona tajantemente "En Chile, actualmente no hay tratamiento de COPS (...)" lo que a su vez el 75% reconoce que los plásticos que contengan este compuesto irán a procesos de no recuperación expresado en "Se considera el riesgo de los COPs, por ello los plásticos sospechosos son enviados a disposición final en vez de valorización energética.", (entrevistado n°3) el cual existe una diferencia en lo que expresa otro de los participantes, el cual refiere " plásticos que los contengan para luego ser enviados a incineración. (...) (entrevistado n° 4). Lo que deja claro que el proceso de valorización de este tipo de compuesto es un obstáculo para la actual gestión de residuos en empresas valorizadoras de RAEE. Un 75% de los entrevistados, menciona que existe actualmente procesos de investigación para el manejo de COPS a nivel nacional, haciendo alusión a su participación de dichos estudios.

6. ¿Qué oportunidades ven para maximizar la separación y reciclaje de componentes de aparatos eléctricos? ¿Han considerado integrar mecanismos más circulares en su operación?

Sobre las oportunidades de segregación y mecanismos circulares, se observa claramente que los entrevistados tienen perspectivas similares, pero profundizadas desde su experiencia, pero con un enfoque de cumplir con la normativa ambiental. El 50% de los entrevistados refiere a las oportunidades desde el diseño de los productos, explicado con la afirmación "Que se mejore la materialidad que se usa en los equipos y el Eco diseño (...)" (entrevistado n°1), también mediante la textualidad "Que los productores estandaricen los tipos de plásticos a utilizar, ojala sean los menos diversos dentro de un equipo y que estén identificados y sean fáciles de desmontar" (entrevistado n°3) entiende que la creación de un sistema estandarizado que permita una identificación por parte de los fabricantes en los productos que señalice y que se trabaje en el desmontaje del producto se vuelve esencial, también que se trabaje en la estandarización de los plásticos para crear una valorización más eficiente, lo que es parte de una estrategia de diseño para la valorización de RAEE. Un 25% de los participantes, menciona que existe oportunidad en el desarrollo en la recuperación de metales preciosos de los RAEE a través de proceso mecánicos y procesos hidrometalúrgicos. Esta propuesta no solo abre la posibilidad de recuperación de metales preciosos, sino que también está apuntando a la innovación y crecimiento de esta industria a nivel Nacional.

8.2 Empresa Manufactura

Al analizar los resultados de los entrevistados de área manufactura, se puede determinar de que existe una definición general de lo que es el concepto de Economía Circular (EC), en el cual se entiende que se debería cambiar el proceso lineal de manufactura, buscando un enfoque más circular, desde el diseño hasta fin de vida del producto. Se puede analizar, que el 100% de los entrevistados entiende que debe este proceso estar garantizado en el proceso de manufactura, entendiéndose que es un campo de trabajo, tal como refiere el entrevistado n°1 "Es tener conciencia del uso de la materia prima y proceso en la manufactura" y el entrevistado n°4 "Es la reutilización de componentes en nuevos procesos productivos" consolidando la idea de un enfoque más circular en la producción. Maximizar el aprovechamiento de los recursos, la reutilización y proceso más circular son destacados dentro de esta respuesta, además, integrando la importancia de extender la vida útil de los productos y componentes.

Al consultar a los entrevistados por el proceso de montaje y desmontaje desde el diseño del producto para una mejor reparabilidad y la utilización de componentes reciclables en el producto, se puede observar de que existe distintas perspectivas en cuanto a la consideración de la facilidad de montaje/desmontaje e integración de componentes reciclables, las opiniones están dependiendo de las distintas áreas de trabajo de cada uno de los entrevistados, lo que genera distintas perspectivas desde el análisis de este concepto. El 50% de los entrevistados menciona que está dentro del proceso que ellos actualmente realizan, es decir, desde el análisis y la consideración, tal como refiere el entrevistado n°2: "En los diseños de productos se consideran las facilidades de montaje y desmontaje para que en la producción no haya problemas y para que los productos puedan ser reparables (...)", también refiere la necesidad de integrar componentes que sean reciclable dentro del embalaje. Sin embargo, el otro 50% de los entrevistados, menciona que no es algo que se esté integrando directamente en el proceso, aun así, es una necesidad de implementar, reconoce que solo se considera en caso de repuestos o fallas comunes, lo que podría generar una mejora en las prácticas actuales "Actualmente no es una prioridad y debería serlo. Solo se considera para casos de repuestos / falla común" (entrevistado 3).

¿De qué manera se pueden incorporar ecodiseño o ecoinnovación en el diseño de un producto? ¿cuáles son las principales barreras? ej: que el producto tenga en su

mayoría materiales que logran ser reciclado.

Los resultados muestran que los entrevistados concuerdan en la incorporación del ecodiseño en las primeras etapas del producto, es decir, desde el diseño, lo que deja una clara tendencia en las acciones prioritarias. El entrevistado n°3, quien representa el 25% de los entrevistados, enfatiza en la importancia de diseñar para su fácil montaje y desmontaje del producto, creando un método de funcionamiento adecuado, que ayuda a la manipulación del producto, además, del proceso logístico adecuado de la producción, desde esa misma perspectiva, el entrevistado n°2 menciona " Que los componentes puedan ser reutilizados, que el componente no se dañe en el montaje y desmontaje (...)" lo que determina que el 50% de los entrevistados está consciente en esta definición como concepto de diseño.

Dentro de las barreras, "la económica" es la que fue la más reconocida por parte de los entrevistados. En la siguiente tabla se presenta el marco de referencia de las principales barreras desde el mundo de vista en la fabricación de un aparato eléctrico y electrónico.

Tipo	Barrera
Regulatoria	Normativas de seguridad, almacenaje y cuidado del producto
Económica	Aumento de costos por la incorporación de materiales reciclables.
Económica	Aumento de costo que tiene el producto al incorporar mayor cantidad de materiales reciclables.
Calidad	Hay que asegurar que la calidad del producto sea la misma del producto sin integración de ecodiseño

Tabla 11. Marco de referencia de las principales barreras detectadas (Fuente: elaboración propia)

Sobre la pregunta ¿Utilizan materiales reciclados o reciclables en su producción? ¿los usaría? especifique su respuesta. En su empresa ¿se recuperan componentes de productos defectuosos o en desuso? ¿han buscado extender el negocio hacia ese enfoque más circular? ¿cuáles son los principales inconvenientes?

Al analizar las respuestas de los entrevistados, el 100% de ellos mencionan que utilizan materiales reciclados en su proceso de fabricación. La recuperación de piezas rechazadas se aborda de manera explícita en esta sección, producto que todos mencionan la utilización el uso de SCRAP en piezas plásticas. Por otro lado, la integración de piezas o componentes que sean de productos que hayan terminado su vida útil en el mercado, no son integradas dentro de este proceso, sin embargo, el 75% de los entrevistados menciona que sí los utilizaría si está en buen estado y genera una disminución de costos, en lo que respecta en alineamiento de los equipos, el entrevistado n° 3 afirma sobre la necesidad de estar alineado con todas las áreas que son parte del proceso de fabricación, en lo que refiere " (...) es necesario incorporarlos de una forma estándar alineado con todas las áreas involucradas (...)". El incluir en el negocio un enfoque más circular es considerada por algunos de los especialistas, especialmente cuando se involucra el ahorro de costos, pero sin que se vea afectada la calidad.

En su empresa ¿se recuperan componentes de productos defectuosos o en desuso? ¿han buscado extender el negocio hacia ese enfoque más circular? ¿cuáles son los principales inconvenientes?

Al ahondar en la logística reserva de los RAEE, los entrevistados no abordan esta temática de manera detallada. El resultado muestra que el 75% de los entrevistados reconoce que existe un proceso de logística reserva, el cual trabaja con la recuperación de productos terminados, el cual se asegura su recuperación. Por otro lado, el 50% ve la logística reversa como un inconveniente significativo, producto de la necesidad de un desmontaje cuidado y la revisión posterior para asegurar la calidad de las piezas y equipos recuperados, tal como refiere el entrevistado n°3 "(...) es necesario potenciar mucho más para poder asegurar que se factible hacer esta recuperación sin afectar seguridad, calidad, productividad".

¿Han pensado en su industria establecer procesos de logística reversa de productos usados para reutilización? desde su posición ¿cree que es factible?

Al profundizar en las respuestas de los entrevistados, destaca la variación de la percepción en relación con la factibilidad de incorporar logística reversa. Un 25% de los entrevistados, destaca barreras relacionadas a la vida útil por concepto de desgaste natural y posibles fallos que puede tener, por lo que, si no existe un buen sistema de recuperación, los productos podrían quedar expuestos a las fallas. Un 50% ve la factibilidad de integración, en lo que refiere el entrevistado n° 2" (...) es factible realizar reparaciones de productos y volver a utilizarlos si estos pasan todas las pruebas funcionales y de seguridad." en donde se destaca que, para cualquier recuperación para la reutilización, debe estar evaluado desde el punto de vista de calidad y seguridad para no afectar la satisfacción del cliente. Por otro lado, un 25% no tiene antecedentes o noción al respecto sobre este tópico. Dentro de las barreras que podrían tener las acciones mencionadas, se destacan: las de calidad, seguridad, acceso a información y pérdida de volumen.

En la siguiente tabla se presenta el marco de referencia de las principales barreras desde el punto de vista en la factibilidad de integrar logística reversa en un RAEE.

Tipo	Barrera
Calidad	Desgaste natural del producto por uso diario (vida útil)
Calidad y seguridad	Se debe mantener la seguridad y calidad del producto
Volumen	Se debe tener resguardo para no afectar a la pérdida de volumen de producción por la integración de estos procesos.
Falta de información	Se requiere más información de los procesos existentes

Tabla 12. Marco de referencia de las principales barreras desde el punto de vista en la factibilidad de integrar logística reversa en un RAEE (Fuente: elaboración propia)

¿Cómo ven la relación entre la fabricación de electrodomésticos y la economía circular? ¿Qué esfuerzos están haciendo o podrían hacer para contribuir a un

enfoque más circular en su proceso productivo?

Al analizar las respuestas entregadas durante el proceso de entrevista, el 75% de los especialistas reconoce la importancia entre la fabricación del producto y la economía circular. El entrevistado n°1 destaca que debe estar todo desde el diseño del producto, especialmente utilizar materiales de carácter reciclados, sin embargo, para integrar esto debe estar asegurada la calidad del producto y la satisfacción del cliente " (...) para mí es importante poner el foco en el diseño inicial el cual debe ir con ingeniería de ecodiseño (relación de uso de materiales reciclados asegurando su calidad y satisfacción del cliente final." (entrevistado 1). Por otro lado, el 25% no proporciona información específica sobre la economía circular en AEE. Un 25% evidencia que la organización ya está trabajando con un enfoque circular durante el proceso productivo. Un 25% considera que se debe trabajar más en conjunto con el área de investigación y desarrollo (I+D) y calidad para lograr garantizar tener una conexión entre la fabricación del producto y la economía circular. Por otro lado, un 25% específica que no tiene antecedentes sobre este tipo de integración.

8.3 Privados

El 50% de los entrevistados detalla la EC como un modelo preventivo, en el cual se destacan las respuesta de los entrevistados n°1 y entrevistado n°4, ya que son más detalladas en términos de definición y comparten similitudes en cuanto a los principios y enfoques, se textualiza " Es un modelo preventivo y regenerativo de gestión de los recursos terrestres, que se centra en los principios de diseñar para prevenir los residuos y la contaminación, mantener el valor de los materiales y los productos por el máximo tiempo posible y recuperar las capacidades regenerativas de los ecosistemas (...)" (entrevistado 4), además integran el concepto del ecodiseño como un enfoque importante en términos de economía circular para evitar la generación de residuos durante el proceso y ciclo de vida del producto, como detalla "diseñar para que no existan residuos (ecodiseño (...)) (entrevistado n°1) el cual la definición va de acuerdo a lo visualizado en la literatura de las definiciones de la fundación Ellen MacArthur. Cabe destacar, que ambos entrevistados, su especialidad de trabajo es la Economía Circular, por lo que se refuerza la robustez del concepto entregada durante este proceso. Por otro lado, el entrevistado n°2, define la economía circular como "Es un enfoque de gestión que considera las materias y los residuos en un

ciclo de vida de largo a distinción del enfoque lineal" si bien, al igual que el entrevistado n°3, que textualiza "Es cuando desarrollamos un tipo de economía que podamos utilizar nuevamente en el proceso y no genere residuos", son definiciones más básicas del concepto, su perspectiva se ve alineada ante las definiciones entregadas por los entrevistados 1 y 4.

Sobre la importancia en la gestión de RAEE, el 100% de los entrevistados coincide en que esa gestión es importante. El entrevistado n°1 destaca la falta de integración de la reparabilidad de los productos, en el cual la utilización y recuperación de los productos tampoco está siendo eficiente, refiere "hoy en día están siendo mal utilizados que están siendo desechados. Dentro de este proceso, hay muchos materiales que están siendo utilizados, sin embargo, no existe una clarificación en la recuperación de estos materiales (...)". Por otro lado, el entrevistado n°2 reconoce, en la misma línea, que el entrevistado n°1, que las organizaciones deben establecer alianzas para la reparación del producto, abordando la gestión de residuos como una estrategia de sostenibilidad a largo plazo. Por otro lado, el entrevistado n° 3, refiere que la importancia de la gestión de RAEE, resalta en los impactos ambientales y sociales que podrían tener al ser un manejo adecuado, como refiere "Sí, porque no son correctamente gestionados el daño medio ambiental y de salud que puede generar es muy grande".

¿De qué manera se pueden incorporar ecodiseño o ecoinnovación en el diseño de un producto? ¿cuáles son las principales barreras?

De las respuestas recogidas, se destaca que el 100% de los entrevistados resaltan que debe existir una importancia en la capacitación y educación como un paso fundamental para integrar la economía circular (EC). Sin embargo, dentro de las medidas y/o barreras que pueden existir en la incorporación, el 25% de los entrevistados, destaca que para la ruta hacia la economía circular debe existir una integración con comunidades para su diagnóstico, mencionando "(...) se puede trabajar desde la integración a las comunidades y diagnósticos que permitan trazar una ruta a la integración de la economía circular en la industria(...)". Por otro lado, el entrevistado n°2, el cual representa el 25%, menciona que incluir atributos de sostenibilidad y que las empresas deben reportarlo como medida de mitigación de riesgos, para mantener una mayor comunicación en relación con las prácticas actuales que tienen las organizaciones. En la misma línea, el entrevistado n°3, refiere que

integrar la economía circular como parte de la cultura organizacional es una necesidad actual que tienen las organizaciones, las cuales deben ser adoptadas: " (...) s. Cuando entiendes que la economía circular es más clave, entiendes que esta política impacta directamente en la cultura organizacional, y esto lo que se ve desde la gobernanza de la organización (...). El otro 25%, menciona "Una manera es la aplicación de la metodología denominada "Ecodiseño CL (...) Las principales barreras son de conocimiento y de ruptura de paradigmas de diseño anticuados muy arraigadas " quien identifica que actualmente las organizaciones pueden tener ciertas resistencias a la innovación o que pueden existir barreras de conocimientos para integrar prácticas de ecodiseño dentro de su producto.

¿Qué incentivos pueden existir para las organizaciones para la reutilización o reúso de RAEE?

"El 100% de los entrevistados destacan la importancia de tener incentivos, ya sean legislativos, económicos o reputacional. Se puede ver un nivel de consenso importante cual 75% de los entrevistados menciona que uno de los incentivos gubernamentales actuales es la Ley Responsabilidad Extendida del Productor (REP), el cual el entrevistado n°3 refiere "por otro lado, hay otra oportunidad de negocio, cuando las empresas comiencen a reevaluar sus modelos de negocios, las organizaciones deberán evaluar qué es lo que se viene (...)" es decir, las empresas deben realizar evaluación actual de sus modelos de negocio, que les permita identificar dónde o en qué áreas pueden tener oportunidades de mejora dentro de la misma estructura empresarial, tal como expone con firmeza el entrevistado n°1", no integrar innovación y no apuestas por eso, va a ser una empresa que estará apostando por desaparecer.

Remanufactura, redefinir el público en donde las empresas grandes no están participando, sin embargo, es un nicho de negocio (...)"". Al ahondar en las respuestas, se los entrevistados, mencionan sobre los incentivos económicos, por lo que se destacó la importancia de tener ecotasas implementadas o aprovechar incentivos tributarios (Entrevistado 1 y 2). El entrevistado n°1 destacó la ecomodulación podría generar beneficios tributarios para las organizaciones que adopten prácticas de ecodiseño. Por lo que, este enfoque podría ser un beneficio financiero para las organizaciones, generando ahorros impositivos. como también, la adopción de prácticas sostenibles, las cuales no se

percibe directamente algo como un requisito legal, sino más bien, reputacional, lo que podría generar beneficio económicos y ambientales a las organizaciones. En esta misma línea, el entrevistado n° 2, menciona "Temas reputacionales, le importa esto, si bien esto es un tema de nicho, después no será tan de nicho. Marketing",

¿Qué opinan de integrar enfoques más circulares en su industria y cómo planean o se debería contribuir a ellos?

Al analizar los resultados, el 100% de los entrevistados destaca la importancia que tiene la educación y la cultura para hacer un cambio de mentalidad en la gestión de los RAEE. Tomando en cuenta lo anterior, se destaca la respuesta del entrevistado n°1, quien destaca actual cultura del país, en la cual se quiere todo de manera inmediato y la importancia de la educación para cambiar esta mentalidad: "Socialmente estamos en una sociedad en la cual todo lo quiere para ahora, desechando lo actual que tiene sin tener una gestión específica, por lo que la educación es importante, el valor, la educación de los consumidores y empresas (...)". Por otro lado, el 50% de los entrevistados destaca la importancia de integrar un modelo de negocio que fomente la durabilidad, reparabilidad, montaje y desmontaje de los productos, en lo que se alinea lo mencionado por el entrevistado n°4 " (...) de diseño que faciliten la mantención de los productos (como por ejemplo la facilidad de montaje y desmontaje) (...)". Por otro lado, el 25% de los entrevistados, menciona que parte de los desafíos están en la gobernanza, políticos y de infraestructura, en el cual menciona "en el marco de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) se crean nuevas industrias, hace desafíos en las gobernanzas, ver cómo se estructura la REP y la infraestructura". También, el 50% destaca la importancia del compromiso que deben tener las empresas generadoras en la gestión de residuos, agregándole a esto, el entrevistado n°3, el cual representa el 25%, destaca que se debe tener una mayor capacidad y especialización para los gestores de residuos de RAEE, el cual destaca la importancia que tienen actualmente los recicladores, ya que desempeñan un papel fundamental en el ciclo de vida de los productos, a mayor especialización y conocimiento, más alta es la garantizarían de reciclabilidad de los RAEE.

9 Discusión de los resultados

Al analizar los datos de los entrevistados de acuerdo con el campo de trabajo:

Valorizadoras, Manufacturera y Privados, se realiza una interrelación de sus entrevistas en base a sus respuestas entregadas con los tópicos más repetitivos de este proceso. Los puntos que tuvieron una mayor presencia durante este proceso fueron: Economía Circular, Recuperación, reutilización y reciclaje de RAEE, diseño del producto, montaje y desmontaje, incentivos y, por último, marco normativo. Dentro de esta entrevista, se destacan distintas percepciones y enfoque de estas organizaciones, en las cuales, se destacan algunas conclusiones claves basada en la tabla comparativa.

1) Economía Circular (EC): En relación con este punto, existen distintas interpretaciones de economía circular entre los distintos grupos de muestras, en la que los privados, muestran un conocimiento más amplio en estos términos, ya que parte de sus definiciones están alineadas con los principios de la fundación Ellen MacArthur, esto debe ser producto de que parte de los entrevistados son especialistas en Economía Circular. Las empresas valorizadoras y de manufactura enfatizan en la transición de la economía lineal a una circular, sin embargo, las valorizadoras también integran conceptos como el consumo y producción. Por otro lado, las empresas de manufactura son conscientes de la necesidad de la integración de EC en sus procesos productivos, sin embargo, parte de los conceptos que ellos entregan, se generan definiciones bastante limitantes a lo que es realmente el significado y el universo de EC. En lo que respecta el sector privado, ellos dan un énfasis a un modelo preventivo y regenerativo, integrando ecodiseño y evitando la generación de residuos durante el proceso productivo.

2) Recuperación, reutilización y reciclaje RAEE: Tanto como las empresas valorizadoras y de manufactura, comparte los conceptos de integración de materiales reciclables durante el proceso productivo, sin embargo, las empresas valorizadoras destacan que los fabricantes deben hacer esfuerzo en la estandarización de las materialidades plásticas e identificación de los productos para un mayor reciclaje. Por otro lado, lo que es el sector privado, enfatiza sus preocupaciones en los daños ambientales y sociales asociados a una incorrecta gestión de estos residuos, por lo que proponen estrategias de capacitación y especialización para los recicladores y la ciudadanía. Parte importante de esto, alineado con los otros conceptos, se puede identificar que por la falta de

capacitación de las empresas valorizadoras en términos de desmontaje de un RAEE evita tener una recuperación más exhaustiva de las materialidades de los productos.

- 3) Diseño del Producto, Montaje y Desmontaje:** La conexión entre los productores y las empresas valorizadoras de RAEE deberá ser potenciada para tener una mayor recuperación de las materialidades durante el proceso de separación. Las empresas valorizadoras sugieren que los fabricantes diseñen productos que sean fácilmente desmontables para facilitar el pre-tratamiento y posteriormente el tratamiento, sin embargo, durante la entrevista, se identificó que este proceso sigue siendo una oportunidad para los productos de AEE. En base a esta misma lógica, los privados comentan que las organizaciones deben crear capacitaciones que permitan a las empresas a integrar ecodiseño en su producto. Se puede determinar la necesidad desde el distinto campo de aplicación que existe en base a este tema, es decir, la necesidad de potenciar el montaje y desmontaje del producto dependiendo del área
- 4) Incentivos:** En lo que respecta en esta línea, se visualiza que las áreas de estudio dependiendo de su campo necesitan de incentivos que aporte al proceso de integración de economía circular. Existen incentivos de desarrollo, económicos y gubernamentales. En el caso de las valorizadoras, buscan el desarrollo a través del I+D que permita la creación de nuevos procesos para una mayor recuperación de materiales valiosos que actualmente contiene un RAEE y que van a exportación producto de la falta de tecnología y desarrollo para ser tratado a nivel Nacional, a su vez, también busca la integración de nuevos puestos laborales. Por su parte, la empresa Manufactureras buscan incentivos económicos que permitan tener una reducción de costos asociados al proceso de fabricación. Por otro lado, el sector privado destaca la importancia de que existan incentivos gubernamentales asociados a la Ley Responsabilidad Extendida del Productor, la oportunidad de nuevos negocios y la sugerencia de integrar la eco-modulación para generar beneficios tributarios asociados al ecodiseño, es decir, en caso de que existiera este tipo de mecanismo, industrias como la de manufactura de AEE, podría verse impactada directamente.
- 5) Marco Normativo:** Todos los grupos entrevistados reconocen que existe un

cumplimiento en base a la Ley Responsabilidad Extendida del Productor. Si bien, existen distintos marcos normativos de aplicabilidad para el manejo de Residuos Eléctricos y Electrónicos, todos van dependiendo del campo de aplicación. En lo que respectan las empresas valorizadoras de este producto, también se vinculan a normativas como el DS 148/2004 del Ministerio de Salud, el cual establece “Aprueba reglamento Sanitario sobre Residuos Peligrosos”, a las normativas ISO y R2, esta última es una norma voluntaria de prácticas operativas específicas para las empresas de reciclaje electrónico, así como también, Tratados Internacionales, lo cual indica que cuentan con conocimiento holístico sobre el contexto normativo de Chile en relación a esta materia. Claramente, los grupos comparten normativas asociadas ante el tema de estudio, sin embargo, se observa la necesidad de que las organizaciones presenten una mayor alineación y colaboración para la integración de los procesos y la búsqueda de incentivos que permitan potenciar la eficiencia y sostenibilidad en la fabricación y gestión de los RAEE.

Por otro lado, también se identificaron las principales barreras de los *Valorizadoras, Manufacturera y Privados*, por lo que se realiza una interrelación de sus entrevistas en base a sus respuestas entregadas con los tópicos más repetitivos de este proceso. Se destacan las principales barreras de los campos de estudio de: Economía Circular (EC), Recuperación, reutilización y reciclaje RAEE, Diseño del producto, montaje y desmontaje, en la siguiente tabla comparativa.

Tabla análisis - Fabricación, diseño y valorización de AEE			
Barreras	Empresas valorizadoras	Empresa Manufacturera	Privados
Economía Circular (EC)	Mencionan el diseño del producto y el poco desarrollo tecnológico para abrir nuevos mercados en	Mencionan barreras regulatorias, económica y de calidad Acceso a la Información.	Falta de educación y capacitación para las organizaciones y la ciudadanía.

	Chile		
Recuperación, reutilización y reciclaje RAEE	Falta de mercado y procesos que permitan la recuperación de partes y componentes de los RAEE.	Dificultad de integración de piezas recuperadas por posible afectación a la calidad, seguridad y satisfacción del cliente. Falta de información de los procesos.	Resistencia cultural. Falta de educación y capacitación para la ciudadanía y recicladores de base. Falta de incentivos económicos para la integración de estos conceptos.
Diseño del producto, montaje y desmontaje	Dificultad en el desmontaje de los productos por complejidades de diseño.	Alineamientos con las áreas para el refuerzo de la integración del diseño para el montaje y desmontaje.	

Tabla 13. Marco de referencia de principales barreras de los campos de estudio de: Economía Circular (Fuente: elaboración propia)

1) Economía Circular (EC): En lo que respecta las barreras, los tres campos cuentan con desafíos diferentes, pero uno que se encuentra en común son los desafíos asociados al acceso a la información, educación e incentivos que permitan tener un mejor desarrollo en esta materia. En lo que respecta a las empresas valorizadoras, sus principales barreras en este concepto están en el acceso al desarrollo tecnológico para la implementación de nuevas tecnologías que permitan adoptar prácticas más sostenibles en la gestión de los RAEE. En lo que respecta a las

empresas de Manufactura, son los temas relacionados directamente a la calidad y seguridad del producto para una satisfacción del cliente sin que se vea impactada por la integración de este concepto en su proceso productivo, por lo que parte del desarrollo, es integrar áreas de investigación y trabajo colaborativo que permitan destruir estas barreras y se avance en esta materia. Por otro lado, también se integra el concepto de educación en esta materia. Para una economía circular en todo el ciclo de vida del producto, es importante que todos los actores y stakeholders cuenten con la información suficiente para una correcta gestión del producto a lo largo de todo su ciclo de vida.

2) Recuperación, reutilización y reciclaje RAEE: Este punto requiere de grandes desafíos que permitan tener a futuro soluciones estratégicas para su manejo. Un punto que destaca en las entrevistas, específicamente en los valorizadores, es la falta de mercado y procesos que faciliten la recuperación de partes y componentes que contiene un RAEE, ya que producto de mecanismos como la falta de desarrollo tecnológico y la dificultad en la separación del producto, indica la necesidad de desarrollar infraestructura en el mercado, estudios y sistemas eficiente de recuperación de materiales.

Por otro lado, en lo que respecta en áreas de manufactura, la integración de piezas recuperadas, las cuales podrían afectar a la calidad, seguridad y satisfacción del cliente, presentan un desafío para este campo de estudio. Parte de este obstáculo se destaca la necesidad de buscar la sostenibilidad a través de la economía circular, pero también la calidad del producto final, por lo que se requiere un sistema de estudio que permita ideas de I+D desde el diseño del producto hasta su fabricación. También, se integra la falta de información que puede existir sobre las herramientas de economía circular, la cual permita que las organizaciones integren medidas educativas para aumentar la conciencia de la recuperación y reciclaje de los RAEE.

En lo que respecta en las barreras culturales, sociales y económicas, la capacitación a la ciudadanía, a las empresas y los recicladores de base son extremadamente importante para mejorar la cadena completa del producto. Se requiere un enfoque integral, que permita la participación de todos los actores en prácticas de

recuperación y reciclaje.

- 3) **Diseño del producto, montaje y desmontaje:** En relación con este punto, existen barreras asociadas a la dificultad del desmontaje del producto, posiblemente de complejidades de diseño o bien, falta de información en lo que respecta la separabilidad del producto. Parte de las estrategias, están para las empresas de manufactura, ya que simplificar los procesos de desmontaje para su posterior tratamiento de valorización o reparabilidad se vuelven necesarios para tener un proceso efectivo. El alineamiento que deben existir interna y externamente para la información y educación de la integración o refuerzo del diseño para el montaje y desmontaje demuestra una necesidad en hacer modificaciones en la actual gestión que se realiza para evitar brechas y aumentar las metodologías en la recuperación y disposición de RAESS.

Al considerar los datos entregados por los entrevistados, en base a la primera etapa de caracterización y comprensión de la realidad, es posible destacar la importancia de la Economía Circular que tiene para los especialistas, los cuales han demostrado en el contexto de fabricación de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) y valorización de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Los entrevistados coinciden en la importancia de la integración de este enfoque durante los distintos procesos, el cual favorezca con la prevención en la generación de residuos desde el diseño, sin embargo, existe sorprende el énfasis que tienen en adoptar prácticas más sostenibles y circulares, lo que es corroborado por las definiciones entregadas por (Ellen MacArthur Foundation, 2013) en cada uno de los campos estudiados. Además, se visualizan desafíos y oportunidades relacionados con la implementación de este concepto en el sector Manufacturero y del Reciclaje, lo anterior está en línea con los resultados obtenidos por (Ellen MacArthur Foundation, n.d.), quien reconoce en su estudio que el sistema lineal de Electrónico plantean impactos ambientales y de salud durante el proceso de producción como en la eliminación, y dado que, la Economía Circular promueve una correcta gestión integrada de los RAEE, con el fin de proteger el medio ambiente como la salud pública (Ezeudu y Ezeudu, 2019) lo que coincide con lo expuesto por los especialistas del área privada. Es parte del consenso e interrelación entre los distintos actores, el sector de valorización de RAEE necesita que colaboraren los principales actores que están

implementando ideas de EC (Bressanelli et al., 2020), en base a este mismo contexto, se menciona la necesidad de la integración y desarrollo de nuevos sistemas de recuperación y tratamiento para la recuperación de materiales preciosos proveniente de los RAEE, así como la integración de ecodiseño en el proceso de fabricación para la facilitación del desmontaje de los residuos. (Tosi, 2012) (Basque Ecodesing center, 2016). Desde los hallazgos encontrados, resaltan la importancia que tiene el marco regulatorio (Kirchherr, 2020), en el marco de la Economía Circular en su implementación, como en la relación con el manejo de los RAEE a nivel Nacional, como lo es la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), como un incentivo para las empresas de que puedan realizar la gestión de los productos prioritarios que ponen en el mercado, por lo que, énfasis en cómo las regulaciones pueden influir en las organizaciones en términos de diseño y gestión de un producto, producto de que los mecanismos de sanciones y bonificaciones son un buen sistema habilitador para lograr que los productores puedan diseñar productos desde la innovación sostenible, mejorar la eficiencia de los recursos a través de la creación de cadenas de suministros de logística inversa (Zhao et al., 2020). Parte de los desafíos, también se encuentra la necesidad de establecer alianzas para reparación y gestión de los RAEEs, así como también, la existencia de canales de educación y capacitación para los habilitadores en la gestión de estos productos, el cual permita un modelo de inclusión de todos los stakeholders durante el ciclo de vida del producto (Cámara de Comercio de Santiago, 2022) siendo una estrategia la cual permite una mayor recolección, recuperación y gestión de las distintas materialidades que componen al producto dependiendo de su naturaleza., además de la integración de prácticas que permitan el avance en términos de seguridad y desarrollo tecnológico en el proceso de recolección y pre-tratamiento del producto, producto que se evidenció que falta el desarrollo de una metodología estándar que permita un conocimiento del producto para una separación más efectiva y segura en términos de recuperación de piezas y componentes, como en términos de seguridad, lo que permita tener una eficiencia en el reciclaje y calidad de materiales reciclados, por lo que es importante seguir innovando en desarrollo de recuperación para extraer metales con procesos como la hidrometalurgia (Zhao et al., 2020), tal como fue abordado por las entrevistas de empresas de reciclaje. En lo que respecta sobre las principales barreras, durante la entrevista se identificaron algunas barreras principales que afectan o podrían

afectar a la implementación de economía circular. En primer lugar, se identificó por parte de las empresas valorizadoras, la dificultad de desmontaje del producto por los diferentes tipos de diseño y las complejidades que pueden existir en ciertos productos, lo que puede dificultar en cierta medida el pretratamiento y que podría afectar en el tratamiento y posterior valorización, sumándole, la posibilidad de reparabilidad del producto, los cuales se preparan para que puedan utilizarse sin ninguna otra transformación previa (Ministerio De Ambiente, F., Sostenible, D., Camacho Lozano, A. E., Hernández, C. A., Diagramación, U., Medios, S. A. S., Ocampo, E., Arias, L., Lozano, C., & Camelo Martínez, E. (s/f). Esta barrera resalta la necesidad de simplificar los procesos de desmontajes y la importancia de integrar ecodiseño en el producto que dentro de sus características se integre el diseño para el montaje y desmontaje dentro de la política organizacional en términos de diseño, es decir, diseñar para la circularidad, que permita tener una estrategia desde el inicio de la fabricación del producto, el cual se ajuste al modelo de negocio, y que puedan variar sus estrategias desde diseño, desde el diseñar para durabilidad, adaptabilidad, reparabilidad y reciclaje (Ellen MacArthur Foundation, n.d.). Por otro lado, la falta de educación y capacitación con relación al manejo de los RAEE, que permitan aumentar y concientizar sobre la recuperación, reciclaje y reparabilidad de estos productos, para los entrevistados, genera una brecha en términos de recuperación, por lo que, es esencial contar con acceso y mecanismos tecnológicos que permitan disminuir la complejidad de manejo de productos, para disminuir las barreras en la implementación de herramientas de la economía circular. Es por eso, que, para los entrevistados, específicamente privados, la capacitación y educación para las empresas, recicladores de base y la ciudadanía se presenta como un aspecto crítico para mejorar la cadena de ciclo de vida del producto y disminuir la resistencia cultural actual existente en el país. En base al estudio “Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU)” (Kirchherr, 2020), al igual que este estudio resalta el cambio de mentalidad y cultura que debe existir para lograr una transición hacia una economía circular, lo que reafirma esta barrera como contexto de necesidad de cambio para crear un sistema que permita desde todos los campos de aplicación que permita una mejor gestión en todo el ciclo de vida del producto. En base a esto, se propone el desarrollo y fomento de herramientas de I+D e investigación hacia la Economía Circular desde todos sus alcances en la cadena de valor, la cual permita, la cual

permita crear un valor en la fabricación, gestión y valorización de los RAEE con el fin de mejorar las interrelaciones entre los distintos actores del ciclo de vida del producto, el cual permitan generar líneas de acción para la creación de nuevos modelos de negocio que permitan ir en línea en base al marco normativo en relación a esta temática.

10 Conclusiones

Este trabajo establece los principales desafíos para la contribución de la Economía Circular en el contexto de fabricación y valorización de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Chile, por lo que, propone variables relevantes para el diseño conceptual de EC, por lo que contribuye significativamente a la literatura al proporcionar un análisis exhaustivo de la implementación de esta herramienta en el contexto específico de Manufactura y Valorización de RAEE. Esta investigación, no solo identifica las oportunidades, barreras y desafíos, si no que también ofrece nuevos modelos de negocio el cual integren procesos y principios circulares, aportando desde esa perspectiva, una gestión más eficiente y efectiva de los RAEE en el país. Se evalúan distintos campos de trabajo, los que, actualmente son parte del ciclo de vida de un Aparato Eléctrico y Electrónico quienes le permiten establecer estrategias para la integración de la Economía Circular en la gestión de los AEE y RAEE, lo que fomenta la colaboración entre las empresas y otras partes interesadas. Para la creación de una cadena que permita una gestión correcta, eficiente y efectiva de los residuos (RAEE) deben existir la interrelación entre los distintos actores de la cadena del reciclaje o bien, de la cadena circular que permita hacer recuperación de ciertos productos, desde su comercialización hasta su disposición final. Bajo este contexto, se visualiza que actualmente no existe una conexión en todo el ciclo de vida del producto, el cual permita realizar una gestión circular que permita la una colaboración entre empresas y otras partes interesadas para que el cambio sistemático pueda ocurrir de manera efectiva. Además, se hace una revisión exhaustiva de la literatura, en donde se evalúan los conceptos que son parte de la Economía Circular y se evalúa como se interrelacionan con el proceso de investigación de los distintos campos de aplicación, aportando a guiar y apoyar nuevos modelos de negocios que integren beneficios económicos del diseño para el desmontaje o un planeamiento a modelos circulares.

En base este marco, se integran las perspectivas de distintos expertos con áreas de aplicación diferentes, lo que se ha logrado profundizar en lo que respecta en los desafíos, oportunidades y barreras actualmente de estos sectores en relación con la Economía Circular, considerando

que a nivel nacional existen nuevas regulaciones que en definitiva deben crear una mejora para su eficiente aplicación. **Se destaca la relevancia de esta investigación para el desarrollo de estrategias empresariales orientadas hacia la sostenibilidad y la integración de estrategias que puedan potenciar un modelo circular en la fabricación, producción y valorización a nivel nacional de productos Eléctricos y Electrónicos.** Durante el estudio, se resalta la importancia que tiene la economía circular (EC) en la gestión de los RAEE, así como la necesidad de promover la remanufactura, reutilización, el reciclaje y el ecodiseño en la manufactura de estos productos, este último con un enfoque en el montaje y desmontaje del producto incluyendo factores humanos relevantes para su aplicación, es por eso, se enfatiza en la interrelación que deben tener los productos, privados y valorizadores para crear un sistema de comunicación en conjunto que permita el desarrollo de canales educativos para los gestores, empresas y valorizadores, sin embargo, los factores ambientales y económicos también son relevantes para este punto, ya que un correcto diseño del producto evitará la pérdida de sustancias químicas, exposición a estas y una mayor reciclabilidad de partes y componentes haciendo que la actual gestión sea más sostenible. Por otro lado, la percepción diferenciada de algunos tópicos entre los distintos actores involucrados hace que exista la necesidad de integrar enfoques multidisciplinarios que permitan un mayor conocimiento e interrelación entre ellos que permitan una transición efectiva hacia una economía circular en todo el ciclo de vida de los productos. Igualmente, se identificaron los actuales desafíos y oportunidades para la implementación de prácticas basadas en este concepto desde el contexto chileno, considerando las normativas actuales, que permita que el Estado aporte durante esta transición con ámbitos culturales, de I+D, capacitación y de mercado para que exista un nuevo desarrollo de estas temáticas para potenciar a nivel país. Por otro lado, también se identifican barreras, dentro de las regulatorias, se identifican las de diseño, las cuales generan complejidad al momento de valorización de un RAEE, por lo que nace la necesidad de crear diseños que permitan un fácil montaje y desmontaje del producto, los cuales vayan relacionados con las estrategias de ecodiseño revisadas en la literatura, el cual sea parte de una planificación estratégica que permita una mayor valorización y/o facilidad de reparación como mecanismo de creación de nuevos mercados. También, desde la perspectiva cultural, se comenta que la falta de conciencia, capacitación y entendimiento del tema en la sociedad civil es una barrera que

impide el desarrollo de la economía circular. En términos regulatorios, se identifican barreras normativas en términos de seguridad y calidad del producto, el cual permita una mayor facilitación de prácticas circulares para la incorporación de ellas en el producto.

Por otro lado, en base a los resultados obtenidos, recomienda a las empresas de Manufactura y del sector de aparatos eléctricos en Chile considerar la implementación de prácticas basadas en la economía circular, como el ecodiseño, el cual permita facilitar el proceso de desmontaje de los productos que, la reutilización de materiales y la optimización de procesos de valorización, producto de que la literatura y las entrevistas, evidencia que un producto Manufacturado por Electrolux, como es una lavadora, puede tener una recuperación entre el 79-80% en promedio de sus componentes, lo que complementando se ha realizado el ejercicio interno de desmontar el producto, haciendo un análisis de contexto específico para tener una aproximación en una industria Manufacturera Nacional, lo que determinó que el **posible porcentaje de valorización está por sobre el 90%, lo que deja en evidencia la necesidad de crear mecanismos interconectados** que permitan a los valorizadores tener una recuperación más alta considerando los nuevos objetivos asociados por la Ley REP, el cual permita tener un mayor arancel de recuperación a través de desarrollo tecnológico que permita que esta medida sea económicamente viable. De esa manera, recomienda fomentar la colaboración con recicladores de base, gestores y aumentar la conciencia de los clientes y sociedad civil sobre la importancia de la gestión sostenible de los RAEE. También, es importante mencionar que, cuando el mercado es importador tiene distintos estándares de diseño, por lo que, cuando no existen mayores niveles de producción a nivel nacional el ecodiseño se vuelve complejo de implementar como estrategia de instrumento de carácter legislativo como se menciona en la Ley REP. Por lo que, la importancia de adecuarse a las normativas internacionales para la integración de ecodiseño de productos importados es esencial para un desarrollo de la economía circular. Estas sugerencias se presentan como oportunidades concretas para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia de la cadena de valor de los productos eléctricos.

Finalmente, a través de este medio, la información recolectada en etapas previas y a través de la literatura, alcanza el objetivo de identificar las oportunidades, desafíos y barreras por actores locales relevantes dentro de la cadena de valor de los RAEE a través desde sus propias experiencias y campos de aplicación.

11 Variables relevantes para el diseño conceptual para un modelo de Economía Circular en la Manufactura Chilena.

Las limitaciones propias relacionadas con los alcances iniciales son la fuente de algunas de las reflexiones obtenidas de este trabajo. Debido a esto, es esencial continuar con esta línea de investigación y sugerir nuevas. Para obtener un mayor conocimiento del tema y comprender mejor los cambios que se buscan en la transición a una Economía Circular de RAEE enfocada en el desarrollo sostenible. Como se mencionó anteriormente, las propuestas provienen tanto de las reflexiones del investigador como de las sugerencias de los entrevistados, que provienen de sus propias experiencias y por la revisión de la literatura. Las siguientes son las propuestas de como variables relevantes para el diseño conceptual para un modelo de Economía Circular en la Manufactura Chilena.

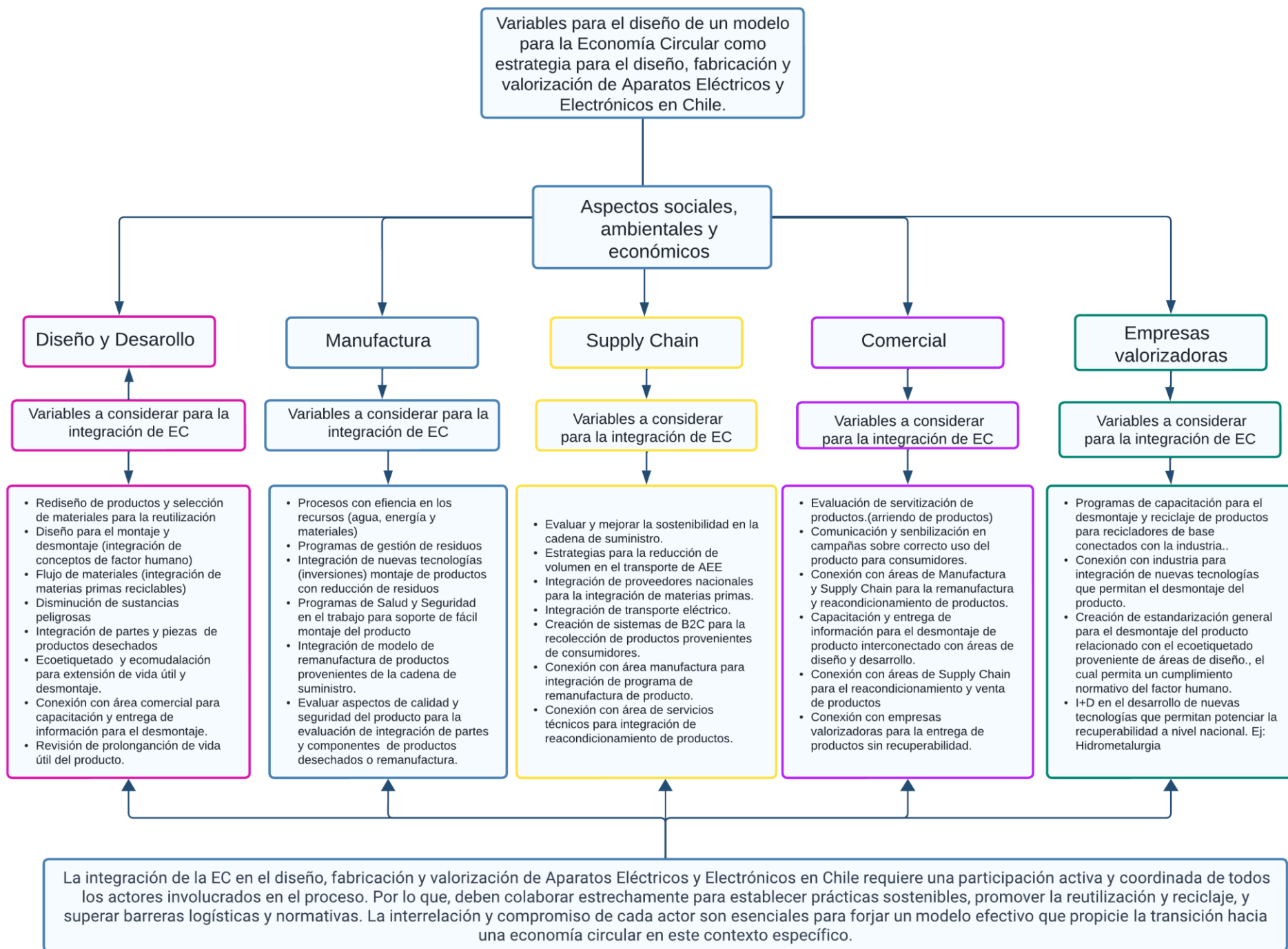


Ilustración 2. Variables para el diseño de un Modelo como estrategia para la EC. (Fuente: Elaboración propia)

Finalmente, como conclusión, de proyección de esta tesis, se integran las siguientes sugerencias que permiten hacer una continuidad de la investigación.

Sugerencias para la investigación

- La realización de investigaciones futuras las cuales identifiquen aspectos económicos, ambientales y sociales en mayor profundidad en la transición de la economía circular en Chile
- Explorar estrategias de educación, capacitación y sensibilidad dirigida directamente a consumidores con el fin del fomento al reciclaje asociado al marco normativo de la Ley REP.
- Evaluar el desarrollo de modelos de negocios innovadores asociados a los RAEE a través de la economía circular.
- Investigación de políticas públicas que potencien y fomenten la economía circular específicamente de RAEE y cómo sería su campo de aplicación en el contexto chileno.
- Investigación de desarrollos tecnológicos que permitan una mayor recuperación de materialidades en un RAEE. Por lo que se sugiere, incrementar la disponibilidad de tecnología para una gestión eficiente de estos productos. Promover la innovación y la colaboración a través de tecnologías existentes, incluso en otros países necesarios, por lo que es recomendable hacer análisis socio económicos que permitan identificar las alternativas o mecanismos para avanzar en
- Realizar campañas o sistemas educativos que permitan la sensibilización sobre los RAEE a las empresas, privados y consumidores, los cuales permitan tener una mayor comprensión sobre esta materia para una mejor gestión.
- Desarrollar la cooperación y/o alianzas más estrechas entre todos los stakeholders para tener una mayor comprensión y desarrollo que permitan el fortalecimiento en toda la cadena de un RAEE, el cual permita crear sistemas de recogida, recuperación y valorización más eficiente.
- Potenciar las estrategias de ecodiseño en Aparatos Eléctricos y Electrónicos entendiendo el contexto nacional, a través de políticas públicas e I+D que permitan innovar y crear nuevos desarrollos en la industria manufacturera de AEE.

12 Fortalezas y debilidades del proceso

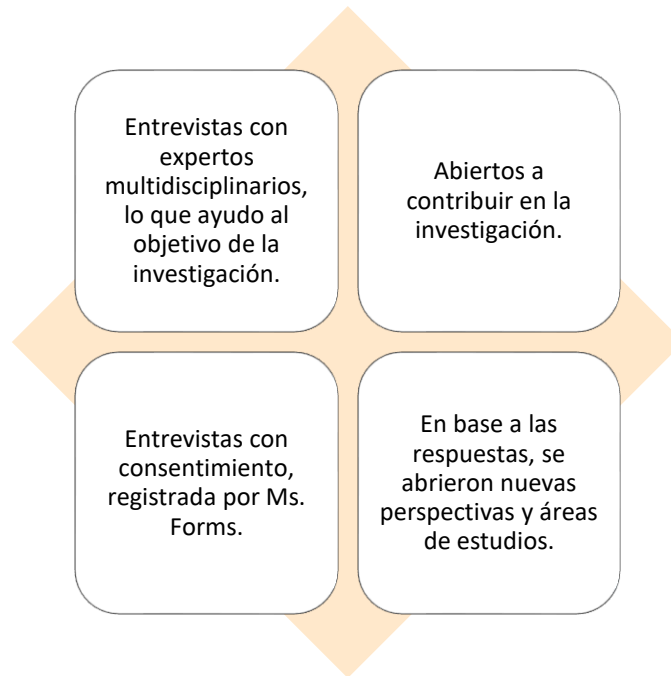
12.1 Fortalezas

Durante el proceso de investigación se logró contar con una diversidad de expertos, los cuales aportaron tener una visión integral sobre las oportunidades, procesos y barreras que actualmente existe en la industria de la Economía Circular en Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

En términos de fortalezas, se lograron identificar varias durante este proceso, tal como:

1. *Variedad de expertos:* la diversidad de especialistas que respondieron la entrevista y sus distintas ramas de aplicación permitió tener una gran variedad de perspectivas y experiencias sobre el proceso de ciclo de vida de un Aparato Eléctrico y Electrónico. Por otro lado, existió disposición y colaboración para responder las preguntas realizadas durante este proceso, lo que permitió poder tener una muestra más completa en relación con los tópicos, lo que hizo el proceso más preciso.
2. *Conexión indirecta:* Parte de lo que generó esta entrevista al contar con distintas áreas de estudio, permitió crear la interrelación entre los distintos campos de aplicación que forman parte del ciclo de vida de un producto de aparato eléctrico y electrónico, es decir, desde su fabricación a su valorización, lo que generó una conexión entre las distintas perspectivas que tiene cada proceso, haciendo una investigación más completa en término de procesos, oportunidades y barreras.
3. *Apertura:* Durante el proceso de entrevista se detectaron nuevos espacios de investigación, los cuales no solo responden a los objetivos iniciales del estudio, sino que también, pueden generar nuevos espacios de investigación para explorar ideas adicionales.

En el siguiente diagrama, se puede visualizar parte de las fortalezas que se detectaron durante el proceso de investigación:



Fuente: Elaboración propia

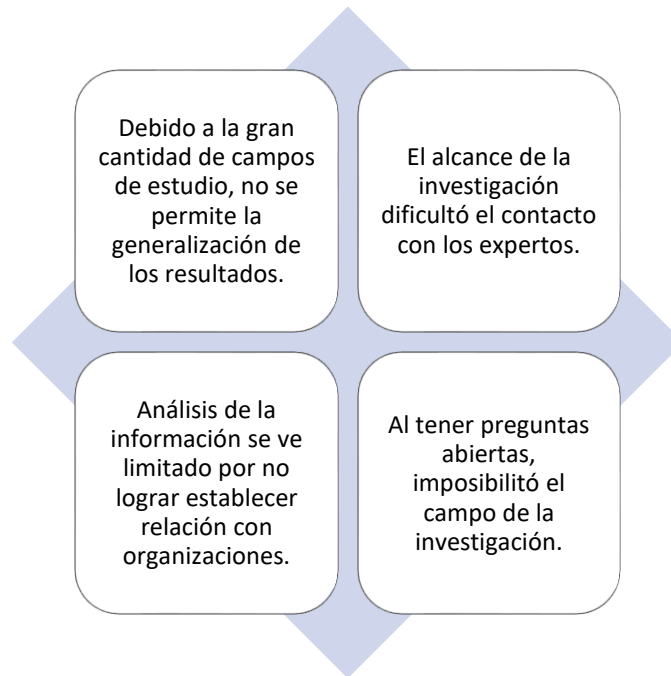
12.2 Debilidades

Por otro lado, en lo que respecta a las debilidades del proceso, se pudieron identificar una serie de debilidades que permiten identificar y reflexionar sobre las limitaciones que tuvo el proceso de investigación, las cuales serán tomadas en cuenta durante el análisis de los resultados.

- 1) *Limitación en el tamaño de la muestra:* Si bien, existen tres campos de estudio, el tamaño por cada área se vio reducido, por lo que limita la capacidad de poder generalizar las respuestas y los resultados obtenidos.
- 2) *Alcance de la investigación:* Al ser distintos campos de estudios de investigación, afectó en el tiempo para llevar el análisis, ya que contactar con distintos expertos de distintas especializades genera una complejidad para hacer interrelación entre la data obtenida.
- 3) *Preguntas abiertas:* Al hacer uso de preguntas abiertas, genera una amplitud en lo que se respecta la información, por lo que dificulta el análisis de la información al analizar distintos enfoques según el área de aplicación, por lo que, para otro proceso de investigación es necesario integrar otra metodología que permita

una cuantificación más cualitativa de manera sencilla que permita entregar un detalle más cualitativo de la información estudiada.

En el siguiente diagrama, se puede visualizar parte de las debilidades que se detectaron durante el proceso de investigación:



Fuente: Elaboración propia

13 Referencias

- Americas Sustainable Development Foundation. (2020). *Análisis de los beneficios percibidos de la Economía Circular en Chile*.
- Basque Ecodesign center. (2016). *ECODISEÑO PARA UNA ECONOMÍA CIRCULAR Claves para fomentar un modelo económico sostenible*. www.basqueecodesigncenter.net
- Bravo, Díaz, L., García Torruco, U., Hernández Martínez, M., & Ruiz Varela, M. (2013). *The interview, a flexible and dynamic resource*.
- Cabeza, D. 1960-. (2012). *Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro*. Marge Books.
- Cayumil Montecino, R., & Adasme Valdés, M. (2018). Desafíos y estrategias de mejora en el manejo y procesamiento de e-waste. *RChD: Creación y Pensamiento*, 3(5). <https://doi.org/10.5354/0719-837x.2018.49916>

- Cayumil, R., Khanna, R., Rajarao, R., Mukherjee, P. S., & Sahajwalla, V. (2016). Concentration of precious metals during their recovery from electronic waste. *Waste Management*, 57, 121–130.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.12.004>
- Directorate-General for Environment, & null. agent. (2021). Study on quality standards for the treatment of waste electrical and electronic equipment (WEEE): Final report. Publications Office of the European Union.
- CEPAL. (2021a). *Economía circular y valorización de metales Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. www.cepal.org/apps
- CEPAL. (2021b). *Economía circular y valorización de metales Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. www.cepal.org/apps
- Cucchiella, F., D’Adamo, I., & Gastaldi, M. (2014). Sustainable management of waste-to-energy facilities. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 33, pp. 719–728). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.015>
- Cucchiella, F., D’Adamo, I., Lenny Koh, S. C., & Rosa, P. (2015a). Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 51, pp. 263–272). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.010>
- Cucchiella, F., D’Adamo, I., Lenny Koh, S. C., & Rosa, P. (2015b). Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 51, pp. 263–272). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.010>
- E2BIZ. (2019a). *Informe N°1 Final “Antecedentes para la elaboración de análisis económicos de metas de recolección y valorización para el producto prioritario ‘Aparatos Eléctricos y Electrónicos’ contenidos en la ley 20.920.”* www.e2biz.cl
- E2BIZ. (2019b). *Informe N°3 “Antecedentes para la elaboración de análisis económico de metas de recolección y valorización para el producto prioritario ‘Aparatos Eléctricos y Electrónicos’ contenido en la Ley 20.920.”* www.e2biz.cl
- Electrolux de Chile S.A. (2021). *Memoria Anual 2021 Electrolux*. www.cti.cl
- Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). *Circular Consumer Electronics: An initial exploration*.
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Founding Partners of the Ellen MacArthur Foundation 2013 CIRCULAR ECONOMY TOWARDS THE Opportunities for the consumer goods sector 2 Pre-print version*.

- Escola de CAMINS UPC BARCELONATECH. (n.d.). *Análisis del Ciclo de Vida*.
https://portal.camins.upc.edu/materials_guia/250504/2013/Analisis%20del%20Ciclo%20de%20Vida.pdf
- E-Waste Monitor. (2022). *MONITOREO REGIONAL DE LOS RESIDUOS ELECTRÓNICOS*.
- Forti, V., Peter Baldé, C., Kuehr, R., Bel Colaboradores, G., Adrian, S., Brune Drisse, M., Cheng, Y., Devia, L., Deubzer, O., Goldizen, F., Gorman, J., Herat, S., Honda, S., Iattoni, G., Jingwei, W., Jinhui, L., Khetriwal, D., Linnell, J., Magalini, F., ... Zeng, X. (2020). *Autores: Cantidades, flujos y potencial de la economía circular Observatorio mundial de los residuos electrónicos 2020*.
- GTZ. (2009). *DIAGNÓSTICO PRODUCTOS Y RESIDUOS ELECTRÓNICOS INFORME FINAL DIAGNOSTICO PRODUCCIÓN, IMPORTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS ELECTRONICOS Y MANEJO DE LOS EQUIPOS FUERA DE USO*.
- ICEDE. (2023). *Potencialidades de la Economía Circular para el Desarrollo Sustentable e Inclusivo en países de América Latina: El caso del Sector de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*.
- Kumar, V., Sezersan, I., Garza-Reyes, J. A., Gonzalez, E. D. R. S., & AL-Shboul, M. A. (2019). Circular economy in the manufacturing sector: benefits, opportunities and barriers. *Management Decision*, 57(4), 1067–1086.
<https://doi.org/10.1108/MD-09-2018-1070>
- La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). (n.d.). *Gestión sostenible de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en América Latina*.
- Lepawsky, J., & McNabb, C. (2010). Mapping international flows of electronic waste. *Canadian Geographer*, 54(2), 177–195. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.2009.00279.x>
- Lundgren. (2012). *The global impact of e-waste Addressing the challenge SafeWork Programme on Safety and Health at Work and the Environment*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, & Oficina de País de la Organización Internacional del Trabajo para Argentina. (2020). *Manual Gestión integral de RAEE Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, una fuente de trabajo decente para avanzar hacia la economía circular*.
- Ministerio de Medio Ambiente. (n.d.). *Política nacional gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2022). *AGIES Anteproyecto Metas de Recolección y Valorización para Pilas y Aparatos Eléctricos y Electrónicos*.
https://www.sii.cl/valores_y_fechas/dolar/dolar2021.htm

- Ministerio de Medio Ambiente, F. C. G. U. (2018). *MARCO REGULATORIO INTERNACIONAL Y NACIONAL SOBRE EL MANEJO DE LOS RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS*.
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Política nacional para la gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)*. www.sustainable-recycling.org
- Ministerio de Relaciones Exteriores. (1992). *Decreto 685 Promulga el Convenio de Basilea Sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y Su Eliminación*.
- Ministerio de Relaciones Exteriores. (2005). Decreto 38 PROMULGA EL CONVENIO DE ESTOCOLMO SOBRE CONTAMINANTES ORGANICOS PERSISTENTES Y SUS ANEXOS MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES. In *RELACIONES* (Vol. 38).
- Ministerio del Medio Ambiente, F. C. gef, P. U. (2023). *GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL DE LOS RAEE Y SU CADENA LOGÍSTICA MÓDULO 3 APRENDIENDO SOBRE LA CORRECTA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS*.
- Naciones Unidas. (n.d.). Protocolo de Montreal: reparar la capa de ozono y reducir el cambio climático. <https://Www.Un.Org/Es/Observances/Ozone-Day#:~:Text=Protocolo%20de%20Montreal,-El%20objetivo%20principal&text=Exige%20el%20control%20de%20casi,De%20eventualmente%20eliminarlas%20por%20completo>.
- Raghupathy Lakshmi, K. C. C. A. A. R. H. M. P. (2010). *E-Waste Recycling In India – Bridging The Gap Between The Informal And Formal Sector*.
- Tecnalia. (2018). *Estudio en la intensidad de utilización de materiales y economía circular en Colombia*.
- Thatcher, A., Waterson, P., Todd, A., & Moray, N. (2018). State of Science: ergonomics and global issues. In *Ergonomics* (Vol. 61, Issue 2, pp. 197–213). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00140139.2017.1398845>
- Tosi, F. (2012). Ergonomics and sustainability in the design of everyday use products. *Work, 41*(SUPPL.1), 3878–3882. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0055-3878>
- United Nations Environment Programme. (2021). *The Role of Business in Moving from Linear to Circular Economies*. <http://www.un.org/Depts/Cartographic/english/htmain.htm>
- Vence, X., & López, S. de J. (2022). Circular Economy and repair and maintenance activities in Mexico: Specificities and heterogeneity of its productive and labor structure. *Nova Economia, 32*(1), 231–260. <https://doi.org/10.1590/0103-6351/6498>

14 Anexos

Etapas 1: preguntas a empresas recicladoras	
1.	¿Qué entiende usted por economía circular?
2.	¿Qué tipos de residuos de aparatos eléctricos revisen para desarme, reciclaje y valorización? ¿cuál es el proceso de desmontaje y separación?
3.	¿Cuál es el porcentaje de la recuperación de una lavadora y cocina? ¿se recicla todo en sus instalaciones? ¿qué porcentaje va a exportación?
4.	¿Qué tecnologías y métodos utilizan para maximizar la recuperación de los componentes de un RAEE? ¿Cuáles son sus principales oportunidades? ¿Cuáles son los desafíos para obtener una mejor separación y recuperación?
5.	¿Cuáles son los marcos regulatorios en su proceso de reciclaje? ¿Cómo manejan los residuos peligrosos que puedan estar presentes en los aparatos eléctricos? ¿tienen consideración con los Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs)?
6.	¿Qué oportunidades ven para maximizar la separación y reciclaje de componentes de aparatos eléctricos? ¿Han considerado integrar mecanismos más circulares en su operación?

Tabla 14. Preguntas a empresas recicladoras (Fuente: Elaboración propia)

Etapas 2: Empresa Manufacturera	
7.	¿Qué es la Economía Circular?
8.	Cuando diseñan un producto ¿se considera la facilidad de desmontaje e integración de componentes que sean reciclables?

9. ¿Utilizan materiales reciclados o reciclables en su producción? ¿los usaría?
10. En su empresa ¿se recuperan componentes de productos defectuosos o en desuso? ¿han buscado extender el negocio hacia ese enfoque más circular? ¿cuáles son los principales inconvenientes?
11. ¿Han pensado establecer procesos de logística inversa de productos usados para reutilización?
12. ¿Cómo ven la relación entre la fabricación de electrodomésticos y la economía circular? ¿Qué esfuerzos están haciendo o podrían hacer para contribuir a un enfoque más circular en su proceso productivo?

Tabla 15. Preguntas a Empresa Manufacturera (Fuente: Elaboración propia)

Etapas 3: Privados
13. ¿Qué es la Economía Circular?
14. ¿Creen que es importante la gestión de residuos electrónicos?
15. ¿De qué manera se pueden incorporar ecodiseño o eco innovación en el diseño de un producto? ¿cuáles son las principales barreras?
16. ¿Qué incentivos pueden existir para las organizaciones para la reutilización o reuso de RAEE?
17. ¿Qué opinan de integrar enfoques más circulares en su industria y cómo planean o se debería contribuir a ellos?

Tabla 16. Preguntas a Privados (Fuente: Elaboración propia)

Preguntas Manufactura	Respuesta
Para ti ¿qué es la Economía Circular?	Es un modelo de producción más circular, a esto me refiero a que se apliquen las tres R, reducir, reciclar y reutilizar.
Cuando diseñan un producto o proceso ¿se considera la facilidad de montaje/desmontaje e integración de componentes que sean reciclables al producto?	En los diseños de productos se consideran las facilidades de montaje y desmontaje para que en la producción no haya problemas y para que los productos puedan ser reparables. Si se considera integrar componentes que sean reciclables sobre todo en el embalaje.
¿De qué manera se pueden incorporar ecodiseño o eco innovación en el diseño de un producto? ¿cuáles son las principales barreras? ej: que el producto tenga en su mayoría materiales que logran ser reciclados	Se puede incorporar ecodiseño o eco innovación en el diseño del producto. Que los componentes puedan ser reutilizados, que el componente no se dañe en el montaje y desmontaje. También que los productos no sean tan complejos que no tengan tantas piezas y puedan ser fácilmente reparados.
¿Utilizan materiales reciclados o reciclables en su producción? ¿los usaría? especifique su respuesta.	Sí, se utilizan materiales reciclados o reciclables en la producción. Sí los usaría, si el material es reciclado y está en buenas condiciones.
En su empresa ¿se recuperan componentes de productos defectuosos o en desuso? ¿han buscado extender el negocio hacía ese enfoque más circular? ¿cuáles son los principales inconvenientes?	No tengo conocimiento si es que los componentes de productos defectuosos son recuperados, me refiero a productos que ya fueron usados por cliente final. Efectivamente los principales inconvenientes son la logística reversa, también que el desmontaje se realice con cuidado de no dañar los componentes y también se debe realizar una revisión

	posterior para asegurar que el componente pueda ser utilizado en la producción.
¿Han pensado en su industria establecer procesos de logística reversa de productos usados para reutilización? desde su posición ¿cree que es factible?	No tengo información sobre si se han establecido esos procesos, pero creo que es factible realizar reparaciones de productos y volver a utilizarlos si estos pasan todas las pruebas funcionales y de seguridad.
¿Cómo ven la relación entre la fabricación de electrodomésticos y la economía circular? ¿Qué esfuerzos están haciendo o podrían hacer para contribuir a un enfoque más circular en su proceso productivo?	En la fabricación de electrodomésticos se está trabajando con un enfoque circular, el embalaje de las piezas y componentes ya es separado y reciclado, se debe continuar por ese camino.

Tabla 17. Transcripción Entrevista 3. Manufactura (Fuente: Elaboración propia)

Pregunta	Respuesta 1	Respuesta 2	Respuesta 3	Respuesta 4
¿Qué es la Economía Circular?	Modelo de producción y consumo que implica reutilizar, reparar, y reciclar para crear valor añadido.	Modelo de producción y consumo, el cual busca minimizar el uso de materia virgen, favoreciendo la reutilización y reciclaje.	Modelo que prioriza eficiencia de recursos, reciclaje, reutilización, reparación, renovación para desarrollo sostenible.	La economía circular valoriza sus residuos recuperado materias primas que regresan al ciclo económico para generar nuevos productos. Abandonando progresivamente la linealidad de la economía actual que produce y desecha.

<p>¿Qué tipos de residuos de aparatos eléctricos revisan para desarme, reciclaje y valorización?</p> <p>¿Cuál es el proceso de desmontaje y separación?</p>	<p>Incluyen RAEE informáticos y electrodomésticos.</p> <p>Proceso de desarme y clasificación para su procesamiento (chatarra a fundición, RESPEL, relleno de seguridad, etc)</p>	<p>Se busca asociarse para valorizar residuos complejos.</p>	<p>Reciben todas las categorías de RAEEs, desarme, pretratamiento y transformación para generar materias primas.</p>	<p>Todo tipo de aparatos eléctricos y electrónicos, incluyendo paneles solares. Hay procesos manuales donde recuperamos fracciones peligrosas y valorizables para luego pasar a procesos mecánicos de trituración, separación magnética, corte hidráulico y compactación.</p>
<p>¿Cuál es el porcentaje de la recuperación de una lavadora y cocina? ¿Se recicla todo en sus instalaciones?</p> <p>¿Qué porcentaje va a exportación?</p>	<p>Cocina: 95%, Lavadora: 80-90%. No todo se recicla internamente; exportación: 30%.</p>	<p>Se puede recuperar entre 80-100%, dependiendo de la materialidad, pero es solo teoría, no experiencia.</p>	<p>Promedio de reciclabilidad: Lavadora 81%, Cocina 95%.</p>	<p>Recuperan 70% de metales, 60% reciclado internamente, 10% exportado, 30% no valorizable</p>
<p>¿Qué tecnologías y métodos utilizan para maximizar la recuperación de los componentes de un RAEE?</p> <p>¿Cuáles son sus principales oportunidades?</p> <p>¿Cuáles son los desafíos para</p>	<p>Buena separación y consolidación de componentes.</p> <p>Desafíos: uso de componentes reciclables y ecodiseño para un mayor desmontaje de partes y piezas.</p>	<p>No aplica.</p>	<p>Segregación por categorías, desarme manual, molienda, separación magnética y fundición. Desafío: falta de identificación de piezas plásticas.</p>	<p>Procesos de trituración y separación magnética. Oportunidades: separación de fracciones no ferrosas, recuperación de metales preciosos. Desafíos: recuperación de metales preciosos y críticos.</p>

<p>obtener una mejor separación y recuperación?</p>				
<p>¿Cuáles son los marcos regulatorios en su proceso de reciclaje? ¿Cómo manejan los residuos peligrosos que puedan estar presentes en los aparatos eléctricos? ¿Tienen consideración con los COPs?</p>	<p>Legislación nacional, certificados ISO y R2. Residuos peligrosos manejados y derivados según normativas.</p>	<p>Exigen cumplimiento con regulación y buscan actores que mejoren estándares.</p>	<p>Cumplen con legislación y norma internacional R2v3. Residuos peligrosos manejados aparte. Consideración de riesgo COPs.</p>	<p>Marco legislativo 20.920/16, DS148 para sustancias peligrosas. Programa COPs para identificar plásticos.</p>
<p>¿Qué oportunidades ven para maximizar la separación y reciclaje de componentes de aparatos eléctricos? ¿Han considerado integrar mecanismos más circulares en su operación?</p>	<p>Mejorar materialidad y ecodiseño para el desmontaje. Esperar impacto de la Ley REP.</p>	<p>Crear un sistema unificado para economías de escala es oportunidad. El cual ayude al producto identificar su proceso de desmontaje. Trabajar con valorizadores para generar mejores condiciones.</p>	<p>Estandarizar tipos de plásticos y facilitar desmontaje. Procesos circulares, recuperación y trabajo con energía solar.</p>	<p>Valorización local de metales preciosos mediante procesos mecánicos e hidrometalúrgicos. Apuntando a residuos de mayor flujo como paneles solares.</p>

		Crear mecanismos para mejorar la circularidad.	
--	--	--	--

Tabla 18. Resumen de respuestas empresas de Reciclaje

Pregunta	Respuesta 1	Respuesta 2	Respuesta 3	Respuesta 4
Para ti ¿qué es la Economía Circular?	Regeneración de sistemas naturales, ecodiseño, recuperación y extensión de la vida de productos.	Es un enfoque de gestión que considera las materias y los residuos en un ciclo de vida de largo a distinción del enfoque lineal.	Es cuando desarrollamos un tipo de economía que podamos utilizar nuevamente en el proceso y no genere residuos.	Modelo preventivo y regenerativo centrado en diseño, mantenimiento de valor y recuperación de capacidades regenerativas.
¿Crees que es importante la gestión de residuos electrónicos?	Sí, importante, recursos mal utilizados, siendo desechados sin recuperación. Necesidad de clarificación en la recuperación de materiales, producto que actualmente no existe.	Sí, el negocio es hacer aparatos, alianzas con empresas de reparación. Ley REP asociada.	Sí, porque no son correctamente gestionados el daño medio ambiental y de salud que puede generar es muy grande.	Sí, importante, desafío, pero también oportunidad de valor frente al mercado.

<p>¿Cuáles son los principales desafíos para una gestión sostenible de los RAEE?</p>	<p>Integrar modelo de negocio beneficioso, educación, valor, y cambio de paradigma. Hacer que los productos se mantengan en uso y puedan ser reparados.</p>	<p>Desafíos técnicos e infraestructurales, comunicación ciudadana, gobernanza.</p>	<p>Compromiso empresarial, cultura y educación, especialización de gestores.</p>	<p>Dificultad de cambio de paradigma y resistencia al conocimiento.</p>
<p>¿De qué manera se pueden incorporar ecodiseño o eco innovación en el diseño de un producto? ¿cuáles son las principales barreras?</p>	<p>Definir requerimientos, medir ciclo de vida, inversión, legislación, educación.</p>	<p>Mirada desde residuo hasta relleno sanitario, alineación en la cadena de circularidad.</p>	<p>Barrera principal: desconocimiento, la capacidad real de producir AEE, la mayor cantidad importada es el 90%, por lo que a veces pedir cambios a la casa matriz pueda hacer cambios o mejoras en el diseño. Importancia de organización regional para mejora.</p>	<p>Aplicar definiciones de diseño que faciliten la mantención y valorización a lo largo del ciclo de vida.</p>

<p>¿Qué incentivos pueden existir para las organizaciones para la reutilización o reúso de RAEE?</p>	<p>Legislación que apoye a las empresas a integrar ecodiseño, como la ecomodulación, que tendrá distintos, incentivos tributarios, ecotasas, beneficios económicos y reputacionales.</p>	<p>Cumplimiento normativo, temas reputacionales, incentivos económicos.</p>	<p>Ley REP como incentivo gubernamental, evaluación de negocio e integración de nuevas tecnologías.</p>	<p>Ley REP, cumplimiento normativo, reputación y disminución de ecotasas.</p>
<p>¿Qué opinan de integrar enfoques más circulares en su industria y cómo planean o se debería contribuir a ellos?</p>	<p>Aportar desde la capacitación, viabilidad económica, innovación, herramientas y cambio de industria.</p>	<p>Se debe contribuir a través de la inclusión como mitigación de riesgos, reportar atributos de sostenibilidad, conectar puntos de los distintos sectores, tanto privados, como el Estado, que permita contribuir a un enfoque más circular.</p>	<p>Tener una mayor capacitación y cultura organizacional, desde la gobernanza a la organización. Inclusión en políticas y fomento.</p>	<p>Uso de materiales reciclados o reciclables, el uso de materiales reciclados depende de exigencias técnicas del producto, lo que debe definirse caso a caso de acuerdo con las exigencias del diseño cumplimiento de Ley REP.</p>

Tabla 19. Resumen de respuestas empresas de Privados

Pregunta	Respuesta 1	Respuesta 2	Respuesta 3	Respuesta 4
----------	-------------	-------------	-------------	-------------

<p>Para ti ¿qué es la Economía Circular?</p>	<p>Conciencia del uso de materia prima y proceso en la manufactura.</p>	<p>Modelo de producción más circular, aplicando las tres R.</p>	<p>Economía que maximiza el aprovechamiento de recursos, garantizando ciclo de vida y reutilización.</p>	<p>Es la reutilización de componentes en nuevos procesos productivos.</p>
<p>Cuando diseñan un producto o proceso ¿se considera la facilidad de montaje/desmontaje e integración de componentes que sean reciclables al producto?</p>	<p>En desarrollo, foco principal en trabajo. Es algo que actualmente se visualiza dentro del proceso.</p>	<p>Consideración de facilidades de montaje/desmontaje y componentes reciclables en diseño. Evaluarlos desde un punto de vista de calidad y seguridad.</p>	<p>No es prioridad actualmente, solo en casos de repuestos/falla común.</p>	<p>No, la facilidad de montaje/desmontaje alineado hacia servicio técnico.</p>
<p>¿De qué manera se pueden incorporar ecodiseño o ecoinnovación en el diseño de un producto? ¿cuáles son las principales barreras?</p>	<p>Diseño desde ecodiseño, normativas de seguridad y almacenaje.</p>	<p>Incorporación en diseño para reutilización y reparabilidad. Que los componentes puedan ser reutilizados, que el componente no se dañe en el montaje y desmontaje. También que los productos no sean tan complejos que no tengan tantas piezas y puedan ser fácilmente reparados.</p>	<p>Facilidad de montaje/desmontaje, fácil método de detección, correcta manipulación, correcto proceso logística, para que vuelva a reintegrarse al proceso atendiendo los criterios de calidad.</p>	<p>La mayor barrera es la económica, el aumento de costo que tiene el producto al incorporar mayor cantidad de materiales reciclables.</p>

<p>¿Utilizan materiales reciclados o reciclables en su producción? ¿los usaría? especifique su respuesta.</p>	<p>Uso en piezas plásticas</p>	<p>Sí, uso en producción, condicionado por calidad del material reciclado.</p>	<p>Limitado uso, necesidad de incorporar de manera estándar y alineada.</p>	<p>Sí, con ahorro de costos por normativas legales.</p>
<p>En su empresa ¿se recuperan componentes de productos defectuosos o en desuso? ¿han buscado extender el negocio hacia ese enfoque más circular? ¿cuáles son los principales inconvenientes?</p>	<p>Recuperación de productos dañados por transporte en centro de distribución.</p>	<p>Desconocimiento sobre recuperación de componentes de productos usados por clientes finales.</p>	<p>Fácil método de detección de funcionamiento apto, Correcta manipulación, correcto proceso logístico para que vuelva a ingresar al flujo de producción, criterios de calidad que garanticen la misma estética entre lo reutilizado y lo nuevo</p>	<p>Sí, existe un reproceso interno para reutilización de componentes.</p>
<p>¿Han pensado en su industria establecer procesos de logística reversa de productos usados para reutilización? desde su posición ¿cree que es factible?</p>	<p>Existe una complejidad debido al desgaste natural de uso y posibles fallas.</p>	<p>Factible realizar reparaciones y reutilización si pasan pruebas funcionales y de seguridad.</p>	<p>Factible, requiere organización para no representar pérdida de volumen.</p>	<p>No hay antecedentes.</p>

<p>¿Cómo ven la relación entre la fabricación de electrodomésticos y la economía circular? ¿Qué esfuerzos están haciendo o podrían hacer para contribuir a un enfoque más circular en su proceso productivo?</p>	<p>Es fundamental para nuevas normas de responsabilidad de vida final del producto.</p>	<p>Es parte de un trabajo con enfoque circular, separación y reciclaje de embalajes de piezas y componentes.</p>	<p>Existe una necesidad de trabajar más con áreas de RyD y Calidad para garantizar enfoque circular.</p>	<p>No hay antecedentes.</p>
---	---	--	--	-----------------------------

Tabla 20. Resumen entrevista Empresa Manufactura