



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS – PLANEACIÓN

UN MODELO DE NEGOCIO PARA UNA EMPRESA VALORIZADORA DE RESIDUOS DE  
APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRA EN INGENIERÍA

PRESENTA:  
**ING. MONSERRAT SALINAS MARTÍNEZ**

TUTOR PRINCIPAL  
DR. BENITO SÁNCHEZ LARA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA. CD. MX. NOVIEMBRE DE 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

**Presidente:** Dr. Mariano Antonio García Martínez

**Secretario:** Dr. Ricardo Torres Mendoza

**Vocal:** Dr. Benito Sánchez Lara

**1 er. Suplente:** Dra. Nadia Castillo Camarena

**2 do. Suplente:** M.I. Óscar Everardo Flores Choperena

Lugar donde se realizó la tesis: Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, Ciudad de México.

**TUTOR DE TESIS:**

DR. BENITO SÁNCHEZ LARA

-----

**FIRMA**

# Índice

<b>Resumen.....</b>	<b>10</b>
<b>Capítulo 1 Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en México y el mundo.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 Legislación en México.....</b>	<b>15</b>
1.2.1 Gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos .....	16
<b>1.3 Impacto de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. ....</b>	<b>20</b>
1.3.1 Impacto social .....	20
1.3.2 Impacto económico .....	23
1.3.3 Impacto ambiental.....	24
<b>1.4 Caso de estudio: Una empresa valorizadora de lavadoras.....</b>	<b>26</b>
<b>1.5 Planteamiento del problema .....</b>	<b>27</b>
<b>1.6 Objetivo .....</b>	<b>27</b>
1.6.1 Objetivos específicos .....	27
<b>1.7 Justificación.....</b>	<b>27</b>
<b>Capítulo 2 : Valorización, circularidad y modelos de negocio para los RAEE .....</b>	<b>28</b>
<b>2.1 Cadena de suministro inversa y economía circular .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2 La empresa caso de estudio como un eslabón de la cadena de suministro de los RAEE.....</b>	<b>30</b>
<b>2.3 La valorización de los RAEE.....</b>	<b>31</b>
2.3.1 Procesos de valorización de RAEE.....	35
<b>2.4 Operaciones logísticas de adquisición y operaciones logísticas de transporte .....</b>	<b>38</b>
<b>2.5 Caracterización de la empresa caso de estudio .....</b>	<b>39</b>
<b>2.6 Modelos de negocio .....</b>	<b>39</b>
2.6.1 Innovación del modelo de negocio .....	41
<b>2.7 Estrategia de investigación .....</b>	<b>43</b>
2.7.1 Recolección de información .....	44
2.7.2 Diagnóstico.....	46
2.7.3 Ideación.....	47
<b>Capítulo 3 : Innovación de un modelo de negocio circular para la empresa de lavadoras. ....</b>	<b>53</b>
<b>3.1 Contexto actual de la empresa caso de estudio .....</b>	<b>53</b>
3.1.1 Las operaciones logísticas de adquisición y transporte de la empresa caso de estudio .....	53

<b>3.2 Diagnóstico: Las cuatro dimensiones del modelo de negocio.....</b>	<b>60</b>
<b>3.3 Ideación de un nuevo modelo de negocio circular para la empresa valorizadora de lavadoras .....</b>	<b>61</b>
3.3.1 Análisis comparativo .....	61
3.3.1 Alineación.....	67
<b>3.4 Innovación del modelo de negocio. ....</b>	<b>74</b>
<b>Capítulo 4 Conclusiones .....</b>	<b>77</b>
<b>5. Referencias.....</b>	<b>79</b>

## Abreviaturas

AEE: Aparatos Electricos y Electrónicos  
BMC: Business Model Canvas.  
BMN: Business Model Navigator  
CSI: Cadena de Suministro Inversa.  
EC: Economía Circular  
IMN: Innovación del Modelo de Negocio.  
LGPGIR: Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.  
MN: Modelo de Negocio.  
OLA: Operaciones Logísticas de Adquisición.  
OLT: Operaciones Logísticas de transporte.  
RAEE: Residuos de Aparatos Electricos y Electrónicos.  
RSU: Residuos Sólidos Urbanos.  
SEDEMA: Secretaría del Medio Ambiente  
SEMARNAT: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

## Lista de tablas

Tabla 1: Vida útil de equipos en 2006.....	20
Tabla 2: Efectos de los componentes de los RAEE en la salud y el medio ambiente. ....	22
Tabla 3: Consecuencias ambientales provocadas por una mala disposición de los RSU. ....	26
Tabla 4: Agentes involucrados en la valorización de lavadoras.....	57
Tabla 5: Canal de distribución en la valorización de las lavadoras. ....	58
Tabla 6: Similitudes y diferencias entre los modelos de negocio.....	66
Tabla 7: Patrones descartados .....	68
Tabla 8: Patrones ya implementados .....	68
Tabla 9: Patrones considerados para la empresa caso de estudio. ....	68
Tabla 10: Criterios y su ponderación .....	69
Tabla 11: Valor y descripción de la escala.....	69
Tabla 12: Matriz alternativas-criterios .....	70
Tabla 13: Matriz de promedios ponderados.....	70

## Lista de figuras

Figura 1: Clasificación de los AEE .....	11
Figura 2: Ciclo de vida de los RAEE .....	12
Figura 3: RAEE generado en el mundo en 2019 .....	14
Figura 4: RAEE generado en Latinoamérica en 2014 .....	14
Figura 5: RAEE a nivel mundial en 2017. ....	15
Figura 6: Composición de los RSU recolectados valorizables. ....	17
Figura 7: Composición de materiales en un celular.: ....	24
Figura 8: Practicas de desecho de residuos en municipios sin servicio de recolección. ....	25
Figura 9: Cadena de suministro lineal. ....	29
Figura 10: Cadena de suministro circular. ....	29
Figura 11: Diagrama del sistema de economía circular. ....	30
Figura 12: Cadena de suministro de los RAEE.....	31
Figura 13: Costos y beneficios dentro de la cadena de suministro de los RAEE.....	32
Figura 14: Pretratamiento de RAEE .....	36
Figura 15: Operaciones logísticas de adquisición.....	38
Figura 16: Operaciones logísticas de transporte .....	39
Figura 17: Business Model Canvas. ....	41
Figura 18: 55 patrones de modelos de negocio.....	42
Figura 19: Pasos de la innovación.....	42
Figura 20: Estrategia de investigación.....	43
Figura 21: Dimensiones para caracterizar CSI de residuos sólidos urbanos.....	46
Figura 22: Triangulo de la innovación.....	47
Figura 23: Criterios de búsqueda.....	48
Figura 28: BMC como herramienta de alineación.....	49
Figura 24: Dimensiones que se deben cambiar utilizando el patrón añadir.....	51
Figura 25: Dimensiones que se deben cambiar utilizando el patrón rentar en lugar de comprar. .....	51
Figura 26: Dimensiones que se deben cambiar utilizando el patrón rentar en lugar de comprar. .....	52
Figura 27: Dimensiones que se deben cambiar utilizando el patrón fraccionar la propiedad .	52
Figura 29: Camioneta recolectora de residuos. ....	53
Figura 30: Espacio para el almacenamiento de RAEE en el centro de acopio de lavadoras .	54

Figura 31: Almacenamiento en espacio público en el centro de acopio de lavadoras.....	54
Figura 32: Almacenamiento en espacio público en el centro de acopio. ....	55
Figura 33: Área de trabajo de la empresa caso de estudio.....	56
Figura 34: Utilización del espacio público para la valorización de los RAEE. ....	56
Figura 35:Agentes de la valorización de lavadoras .....	57
Figura 36: BMC de la empresa caso de estudio. ....	59
Figura 37: Dimensiones del modelo de negocio de una empresa valorizadora de lavadoras	60
Figura 38: MN para arrendamiento de lavadoras a hogares.....	62
Figura 39: MN para arrendamiento de lavadoras a empresas.....	63
Figura 40: MN para el pago por lavado.....	65
Figura 41: Dimensiones del MN con el patrón añadir .....	71
Figura 42: Dimensiones del MN con el patrón rentar en lugar de comprar.....	72
Figura 43: Dimensiones del MN con el patrón asociación. ....	73
Figura 44: Dimensiones del MN con el patrón fraccionar la propiedad.....	73
Figura 45: Dimensiones del MN propuesto.....	75

## **Dedicatoria**

"A mis queridos padres, gracias a su apoyo incondicional y amor infinito. Todo lo que he logrado es gracias a ustedes. Los amo."

## **Agradecimientos**

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Benito Sánchez Lara, mi tutor y a quien me atrevo a llamar amigo. Gracias por sacarme de mi zona de confort y por mostrarme que con esfuerzo se pueden lograr muchas cosas. Su apoyo inquebrantable fue esencial para el éxito de este proyecto. De corazón muchas gracias.

A mis sinodales por su tiempo y consideración, sus comentarios y observaciones le dieron un valor adicional a este trabajo.

A mi madre, Sara, y a mi padre, Arturo, quienes siempre me han brindado un apoyo incondicional. A mis queridas hermanas, Bere y Dani, por su amor y apoyo en cada paso del camino.

A Isaac, por su paciencia, apoyo y amor incondicional durante todo este proceso. A los amigos que hice durante mi maestría, Adri, Sandra, Dani, Juan, Marco y a todos los participantes del seminario de ingeniería de sistemas quienes siempre estuvieron ahí para apoyarme y alentarme durante el proceso.

A toda mi familia extendida, quienes siempre han creído en mí y me han alentado a perseguir mis sueños.

También quiero expresar mi gratitud a la Universidad Nacional Autónoma de México por siempre abrirme las puertas a lo largo de diferentes etapas de mi vida.

Este logro no habría sido posible sin cada uno de ustedes. Gracias por formar parte de este importante capítulo de mi vida.

## Resumen

La proliferación de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) representa un desafío cada vez mayor en las zonas urbanas. En el año 2021, se estimó una generación global de 52 millones de toneladas de las cuales más de 1 millón se generó en México. A pesar de los esfuerzos de reciclaje, en el país el porcentaje reciclado es 20% siendo los centros de acopio los agentes económicos que mayormente lo realizan. En el municipio de Nezahualcóyotl, México, la presencia de centros de acopio es común, estos mayormente realizan sus operaciones informalmente lo cual es una restricción respecto de la información sobre sus prácticas y las condiciones en la que las llevan a cabo.

Esta investigación se enfoca en la valorización de los RAEE considerando operaciones logísticas como: recolección, reparación y reacondicionamiento que permiten recuperar el valor económico de los residuos. Se consideró como caso de estudio a una empresa valorizadora de lavadoras de perilla, una empresa que conforma una Cadena de Suministro Inversa (CSI) de RAEE. La empresa caso de estudio se enfrenta al problema de escalabilidad centrada en la valorización y reintegración de los RAEE.

La propuesta de esta tesis es la creación de nuevos Modelos de Negocio (MN) a partir de la mejora de las operaciones logísticas, incidiendo positivamente en los ingresos de la empresa caso de estudio y de otras similares, pero además contribuyendo a la gestión sostenible de los RAEE. El objetivo de la tesis es desarrollar modelos de negocio para empresas valorizadoras de lavadoras de perilla tomando como referencia la empresa como caso de estudio. La base del o de los modelos de negocio es la caracterización de las operaciones logísticas que permiten la valorización.

La investigación implicó visitas y entrevistas con el propietario de la empresa caso de estudio. Además, visitas otros centros de acopio para contrastar y corroborar las operaciones de valorización. Para la formulación de los modelos de negocio, se consideraron los patrones de modelo de negocio propuestos por Gasmman (2014). La formulación implicó la construcción y validación del modelo de negocio, particularmente la validación se hizo con criterios para reflejar la opinión de expertos y la opinión del propietario de la empresa caso de estudio.

Los resultados de la investigación proporcionan evidencia de las operaciones logísticas que realizan empresas como el caso de estudio, lo cual es un aporte para nuevas investigaciones, y aportaron información dirigida a propietarios de centros de acopio sobre formas para lograr escalabilidad y diferenciar negocios.

**Palabras Clave:** Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, Modelos de negocio, Lavadoras, Operaciones Logísticas, Cadena de suministro Inversas.

# Capítulo 1 Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos

Los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) son los aparatos que para funcionar necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos (Parlamento Europeo y de Consejo, 2003) estos aparatos o equipos se han vuelto prácticos en la vida del ser humano, en los ámbitos de salud, educación, comunicación, etc.

Si la función principal del aparato o componente es transformar la energía eléctrica a otra forma de energía, entonces se considera eléctrico; por otro lado, si la función del aparato o componente es procesar algún tipo de información, entonces se considera electrónico (Zavala Aznar, 2014).

Los AEE actualmente no tienen una clasificación general a nivel mundial, en la Figura 1 se muestra la categorización adoptada por los Estados Miembros de la Unión Europea (Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión, 2003), en la cual se observa las 6 clasificaciones de los AEE y una descripción de los aparatos de cada sección.



Figura 1: Clasificación de los AEE  
Fuente: Forti, Baldé, & Kueh, 2020.

Los AEE han sido concebidos con el propósito de satisfacer y simplificar diversas necesidades humanas, ejerciendo influencia en múltiples aspectos de nuestra cotidianidad. Tomemos como ejemplo los teléfonos celulares, inicialmente diseñados para llevar a cabo llamadas y enviar mensajes de texto, con el transcurrir de los años, estos dispositivos han incorporado una amplia gama de funcionalidades: calculadora, cámara fotográfica y de video, por mencionar solo algunas.

Este avance ha conllevado a la obsolescencia y desuso de un considerable número de dispositivos que en el pasado eran destinados a cubrir estas tareas de manera independiente. Incluso los propios teléfonos celulares, con el paso del tiempo, tienden a convertirse en artefactos inservibles, obsoletos o simplemente pasados de moda.

Es importante subrayar que estos AEE experimentan actualizaciones a intervalos cada vez más cortos. Además, los consumidores buscan que estos dispositivos ofrezcan un abanico cada vez más extenso de funcionalidades, lo cual conlleva a la necesidad de adquirir modelos nuevos en lapsos más reducidos. Esto, a su vez, genera una considerable cantidad de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), que requieren una gestión adecuada para minimizar su impacto ambiental y promover su reciclaje responsable.

El “Ciclo de vida de productos” se ha generalizado en la acepción de “uso y desecho de productos”. Sin embargo, estrictamente, el ciclo de vida se define como las cuatro etapas en la vida de un producto que son: extracción y producción de materias primas para los productos, manufactura de estos, uso (o consumo) por la sociedad y final de vida de los productos (que puede ser destrucción, confinamiento o reciclado); a ellas puede ser agregada una más, que es el transporte o movimiento de materias primas y productos (SEMARNAT, 2017).

El ciclo de vida de los AEE para convertirse en RAEE, puede ser visto como una Cadena de Suministro (CS), si lo dividimos en los eslabones de producción, distribución, venta, consumo, generación, tratamiento y disposición final como se observa en la **Figura 2** donde también se observa a los actores involucrados en las diferentes etapas de vida de estos residuos (Tec-Check, et al., 2020).

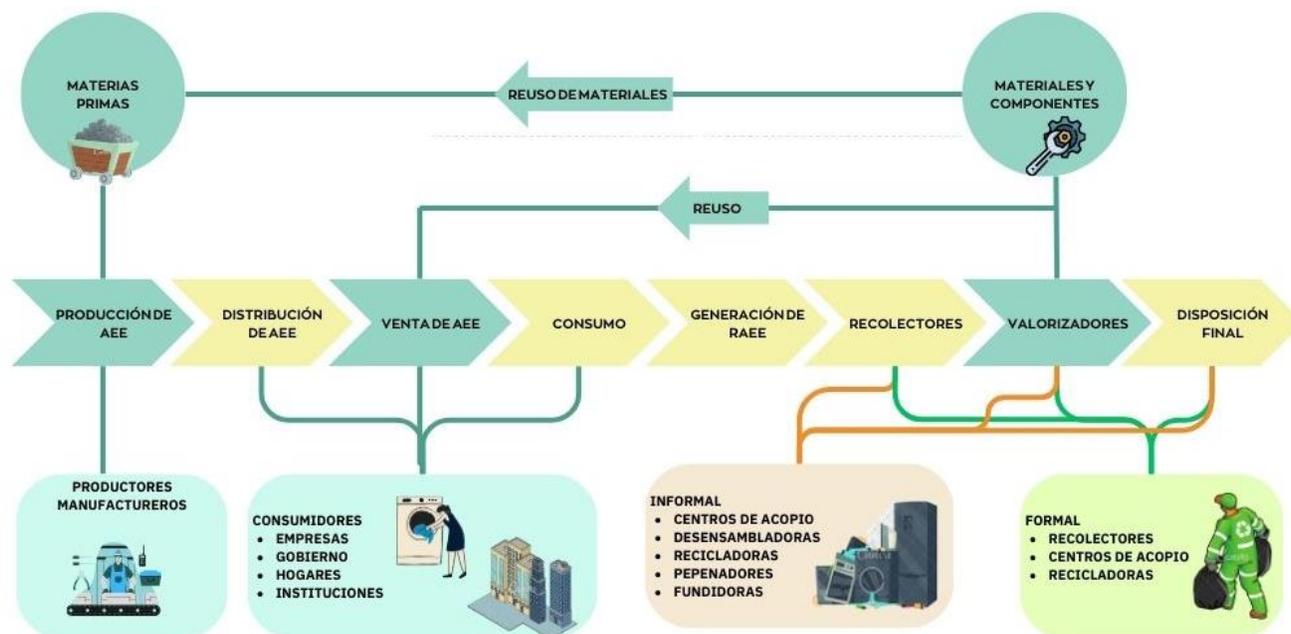


Figura 2: Ciclo de vida de los RAEE  
Fuente: Torres, et al., 2015

La producción AEE involucra diversas etapas que abarcan desde la extracción de materias primas hasta el consumo por parte del usuario final. De acuerdo con Fernández Protomastro (2013), esta cadena comienza con los empleados de manufactura que extraen las materias

primas vírgenes, las cuales son luego vendidas a los productores encargados de diseñar y componer los AEE.

En esta etapa, se agrupan a todos los actores que participan en la creación y distribución de los AEE, desde grandes corporaciones hasta pequeñas empresas especializadas en la producción de componentes específicos o ensamblaje de dispositivos electrónicos. Esto incluye a quienes diseñan, producen, ensamblan, distribuyen o comercializan los aparatos, dispositivos, piezas, partes, repuestos y consumibles electrónicos.

La fase de generación de RAEE inicia cuando el consumidor decide que el producto ya no satisface sus necesidades por motivos como obsolescencia, nuevas tendencias, fallas o la incapacidad de cumplir con su función. Muchos de estos residuos se almacenan en los hogares por falta de conocimiento sobre su adecuado tratamiento o por el deseo de aprovechar sus partes para reparar otros equipos.

Antes de convertirse en residuos, los AEE pueden pasar por las fases de reutilización y extensión de la vida útil, donde se someten a mantenimiento continuo, reparación o reacondicionamiento para su transferencia a un segundo usuario a través de la venta o donación. También se considera la recuperación de componentes valiosos de los AEE, como fuentes de energía eléctrica, motores, placas de circuitos y compresores.

Entre la fase de generación y tratamiento, se lleva a cabo la recolección de RAEE, tanto de manera formal como informal, incentivando al consumidor a donar o vender estos equipos. En esta etapa, existen empresas dedicadas a la reparación, remanufactura y reacondicionamiento, así como también empresas especializadas en la recuperación y reciclaje de materiales valorizables.

Posteriormente, los RAEE pueden experimentar dos destinos distintos. En el primer escenario, se almacenan y luego se someten a tratamientos de reciclaje, que incluyen desmontaje, segregación de materiales por tipo/color/estado, y procesamiento para su reventa como metales ferrosos, no ferrosos, plásticos de ingeniería, vidrios y compuestos, entre otros.

Por otro lado, según SEMARNAT (2017), ciertas sustancias contenidas en los AEE, como plomo, cromo, mercurio, cadmio, berilio, arsénico, y compuestos bromados y clorados, representan riesgos y deben ser gestionadas de manera adecuada. Los materiales reciclables y reutilizables son utilizados por la industria de electrónicos o por otras industrias, mientras que los materiales no aprovechables pasan a la etapa final de disposición, donde se someten a procesamiento, confinamiento o exportación (Tec-Check, et al., 2020).

En un segundo escenario, los RAEE se recogen junto con otros residuos sólidos urbanos y terminan siendo depositados en vertederos.

## **1.1 Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en México y el mundo.**

Los sectores eléctrico y electrónico proporcionan una amplia gama de comodidades a los usuarios. Con el paso del tiempo, han experimentado un desarrollo vertiginoso, con costos en constante descenso y actualizaciones frecuentes en comparación con el siglo pasado. Estas

tendencias son algunas de las razones que explican el crecimiento constante en la producción de dispositivos y, como resultado, un incremento notable en la cantidad de dispositivos desechados, incluyendo una variedad de RAEE.

El aumento a nivel global del consumo y la producción de AEE (los cuales cuentan con un ciclo de vida relativamente corto) tiene como consecuencia un gran incremento en la generación de RAEE. En 2019, el mundo generó la sorprendente cantidad de 53.6 millones de toneladas (Mt) de RAEE, esto es una media de 7,3 kg per cápita (Forti, et al., 2020). En la **Figura 3** se muestra la cantidad de RAEE generada por cada continente en 2019, donde Asia es el mayor generador de RAEE a nivel mundial con 24.9 Mt, seguido de América con 13.1 Mt y Europa con 12 Mt.

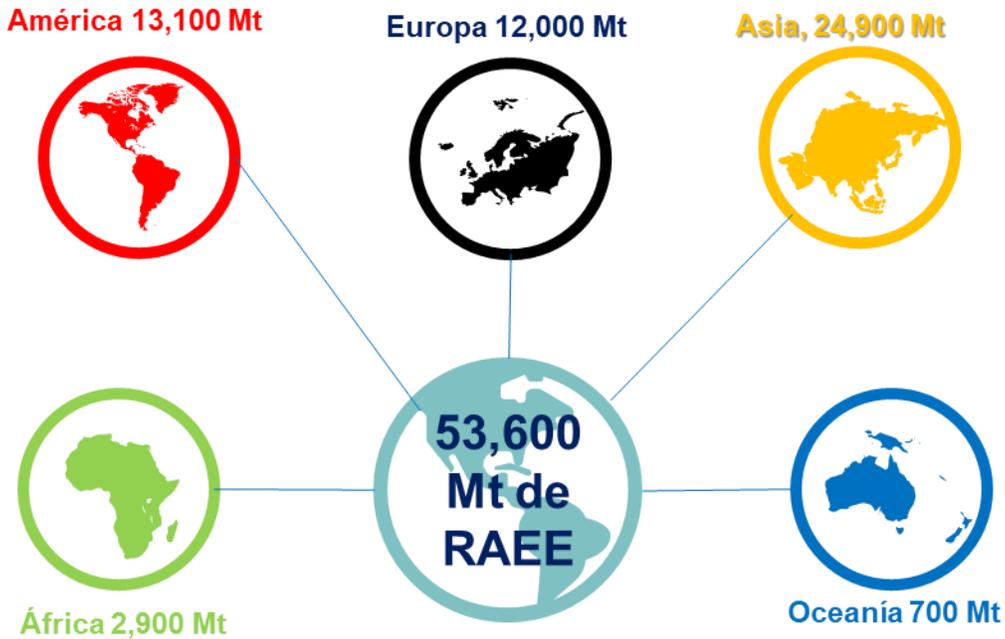


Figura 3: RAEE generado en el mundo en 2019  
Fuente: Forti, Baldé, & Kueh, 2020.

En el caso de América los principales generadores de RAEE, como se muestra en **Figura 4**, son Estados Unidos con 6,918 Mt, Brasil con 2,143 Mt y México con 1,220 Mt.

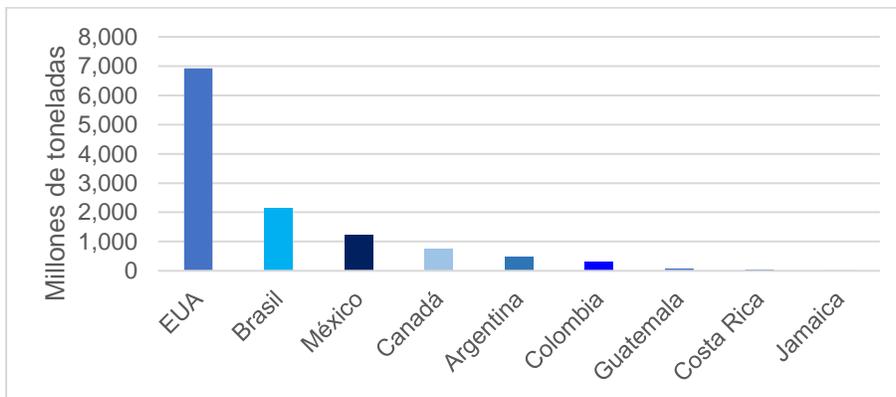


Figura 4: RAEE generado en Latinoamérica en 2014  
Fuente: Mangalini, Ruediger, & Baldé, 2015.

Un factor asociado a Brasil y México, como los principales generadores de residuos, es la considerable cantidad de habitantes en estos países (Mangalini, et al., 2015). Haciendo énfasis en México, cada mexicano generó 9.7 kg de desechos en el 2019 (PROFECO P. F., 2021), la generación de residuos está íntimamente ligada al proceso de urbanización (SEMARNAT, 2015), tal es el caso de Ciudad de México, Jalisco y Baja California que encabezan la generación anual de RAEE con 117,000 t, 82,000 t y 58,000 t respectivamente (SEMARNAT S. d., 2017).

Como se muestra en el **Figura 5**, los principales residuos generados están compuestos por pequeños equipos, grandes equipos y equipos de intercambio de temperatura con 31%, 28% y 17% respectivamente (SEMARNAT, 2020).

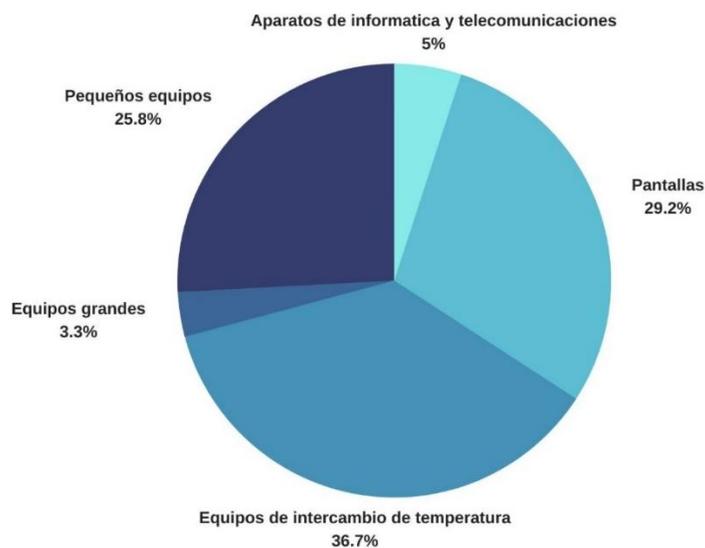


Figura 5: RAEE a nivel mundial en 2017.  
Fuente: SEMARNAT, 2020.

A nivel mundial solo el 17,4% de los desechos electrónicos se recolectan y reciclan adecuadamente (Forti, et al., 2020). Algunas de las principales causas del bajo porcentaje de reciclaje a nivel mundial son: (1) falta de legislación de gestión de residuos en muchos países, especialmente en países en desarrollo; (2) complejidad, variedad y diferentes tamaños de los AEE; (3) factores ambientales y de salud; (4) debido al acaparamiento de desechos electrónicos y al reciclaje informal, donde las personas pueden carecer de conciencia o conocimiento sobre los impactos sociales y ambientales relacionados con el reciclaje informal; mientras que otros pueden pensar que reciclar es demasiado confuso, costoso y difícil (Fernandes Andrade, et al., 2022).

## 1.2 Legislación en México

Muy pocos países tienen leyes o regulaciones para la recolección, valorización y reintegración al mercado de estos residuos, entre los convenios internacionales en los que se encuentra México son: Convenio de Basilea (SCB, 1989) sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación y el Convenio de Estocolmo (SCE, 2001) sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs).

México es el mayor recolector de RAEE en América Latina, con una tasa de recolección del 36% en comparación con los generados. La tasa de recolección en el resto de Latinoamérica es inferior al 3% (UCNA & GEAM, 2018).

En el contexto de México, una de las leyes que regula los RAEE es la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). Esta legislación define a los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) como aquellos generados en domicilios, ya sean residencias, oficinas o pequeños comercios, así como los derivados de actividades realizadas en establecimientos o en espacios públicos, que poseen características similares a los residuos domiciliarios y que no califican como residuos de otro tipo (DOF, Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos., 2003). Es importante destacar que entre estos residuos se incluyen los de naturaleza eléctrica y electrónica.

En el caso de la Ciudad de México existe la Norma Ambiental para El Distrito Federal NADF-024-AMBT-2013 (SEDEMA, 2015), la cual señala los criterios y especificaciones técnicas bajo los cuales se deberá realizar la separación, clasificación, recolección selectiva y almacenamiento de los residuos.

Esta norma trata sobre los residuos sólidos urbanos, los cuales en México se clasifica a los RAEE como residuos de manejo especial y voluminosos entre los cuales están:

- Grandes y pequeños electrodomésticos
- Equipos de informática y telecomunicaciones
- Aparatos electrónicos de consumo y paneles fotovoltaicos
- Extracción de materiales reciclables
- Aparatos de alumbrado
- Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran tamaño)
- Instrumentos de vigilancia y control
- Pilas y baterías que contengan litio, níquel, mercurio, manganeso, plomo, zinc o cualquier otro elemento que permita la generación de energía eléctrica en las mismas, en los niveles que no sean considerados como residuos peligrosos en la norma oficial mexicana correspondiente.

### **1.2.1 Gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos**

En esta sección, se exponen cinco etapas que describen el manejo de los RAEE. La primera etapa, la generación, explora las causas que conducen a un AEE a transformarse en un RAEE. La segunda etapa, la recolección, aborda las diversas modalidades para recoger los RAEE, tanto en el ámbito formal como en el informal. La tercera etapa se concentra en el almacenamiento de los RAEE en los centros de acopio. La cuarta etapa detalla el proceso de valorización de los RAEE. Por último, la quinta etapa está dedicada a la disposición final de los RAEE.

## Generación

La generación de RAEE comienza cuando en los hogares, empresas, instituciones y gobiernos consideran que los AEE ya no satisfacen sus necesidades o que no tienen ningún valor, por lo que éstos son desechados, (SEMARNAT, 2018). Depende de varios factores, entre los que se destacan: la disminución de los precios en las regiones en desarrollo para que las personas de menores ingresos tengan acceso a la tecnología, el aumento del uso de componentes electrónicos en artículos como la ropa, lentes, artículos de limpieza etc., también los consumidores tienden a tener más de un AEE en sus hogares y en los últimos años las empresas fabrican los equipos con una periodo de vida útil menor por mencionar algunos (Baldé, 2017).

## Recolección

La recolección es una etapa importante para el desenlace de estos residuos. Del total de RAEE generados a nivel nacional, alrededor de 10% se recolecta de manera formal, 40% permanece almacenado en casas habitación o bodegas y el 50% restante es enviado a rellenos sanitarios o tiraderos no controlados (SEMARNAT, 2015). Por lo tanto, si el estado o municipio no cuenta con un sistema de manejo de RAEE, existe una alta probabilidad que los RAEE tengan como destino natural los sistemas de limpia municipal para la basura doméstica (Tec-Check, et al., 2020).

- **Recolección de los RAEE junto con el resto de los residuos sólidos urbanos**

Un primer escenario de recolección es cuando el propietario de algún equipo eléctrico o electrónico lo tira directamente a los contenedores de basura, o los entrega directamente a la unidad recolectora de basura de la entidad. Los RAEE se tratan junto con el resto de la basura y el probable destino final que esos residuos se incineren o almacenen en vertederos sin reciclar los materiales dependiendo de la infraestructura nacional de gestión de residuos (Forti, et al., 2020). En la **Figura 6** se muestra que del total de RSU recolectados y clasificados solo el 5.1% corresponde a los RAEE.



Figura 6: Composición de los RSU recolectados valorizables.

Fuente: SEMARNAT, 2015.

En este escenario la disposición final de los RSU son los rellenos sanitarios. De acuerdo con lo establecido en la LGPGIR, este tipo de infraestructura debe incorporar obras de ingeniería particulares y métodos que permitan el control de la fuga de lixiviados y el adecuado manejo de los biogases generados (DOF, Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos., 2003).

- **Recolección informal**

La recolección se realiza de puerta a puerta mediante la compra o la recogida de RAEE de hogares, empresas e instituciones públicas. Estos aparatos se venden con miras a su reparación, renovación o desmantelamiento. En el caso de México la economía informal se caracteriza por la alta presencia de chatarreros y pepenadores que se encargan de la recolección de dichos residuos y su posterior desmantelamiento y/o venta directa de componentes en el mercado secundario y formal (SEMARNAT, 2017).

El sector informal de RAEE se divide en cinco categorías (Chukwunonye Ezeah, 2013):

- Recolector de puerta en puerta: Una persona o grupo que con un camión, bicicleta o pequeño vehículo recorre las colonias habitacionales para recolectar los residuos sin hacer un cargo por el servicio.
- Compradores ambulantes: El esquema es similar al del recolector, a diferencia de que ellos pagan a los hogares por sus residuos.
- Recolectores municipales: Individuos que pueden o no recibir un salario por recoger los residuos en las colonias o calles.
- Pepenadores: Cada vez que una carga de residuos llega al lugar de disposición o relleno sanitario, los pepenadores entran a seleccionar los residuos valiosos. Este grupo es comúnmente explotado por empresas o sindicatos, realizando el trabajo en condiciones deplorables para su salud.
- Chatarreros o carroñeros: Son quienes manejan las ventas de los residuos a la industria manufacturera o a las empresas exportadoras.

- **Recolección formal**

En los países que han promulgado leyes en materia de gestión de residuos, determinados comerciantes o empresas de tratamiento de residuos se encargan de recoger los RAEE, se comercializan de diversas maneras. Además, estos residuos no suelen tratarse en instalaciones de reciclaje especializadas en la gestión de este tipo de residuos, que podrían incluso exportarse (Forti, et al., 2020). En muchos casos resultan ser los municipios quienes asumen la tarea de recolección o afectación de un lugar para la recepción de estos residuos que deben gestionarse. Las modalidades aplicadas son muy variadas y, en general, requieren de una interacción entre el sector público y privado (Fernández Protomastro, 2013).

En México también existen muchas empresas certificadas que se dedican al acopio, recolección y reciclaje de residuos electrónicos con fines lucrativos. En estas empresas se intercambian estos desechos por un poco de dinero, y ellas deben darle un tratamiento específico, como establece la LGPGIR (Greenpeace, 2021). Existe una relación directa entre la ubicación de la empresa y sus fuentes principales de suministro, es decir, en aquellas ubicadas al norte del país, la mayor parte de los residuos que procesan provienen del extranjero, principalmente de Estados Unidos, posiblemente por el ahorro en la mano de obra que involucra realizar la separación manual en México en comparación al país de origen (SEMARNAT; PNU, 2017). También se realizan campañas para la recolección de estos residuos, por ejemplo, se realizan acciones para garantizar un uso adecuado de desperdicios tecnológicos, como el “Programa Verde” creado desde 2013 por la Asociación Nacional de Telecomunicaciones (ANATEL), el

cual tiene por objetivo fomentar la práctica de reciclar los teléfonos celulares. Telcel instaló en todos sus Centros de Atención a Clientes a lo largo del país, contenedores de reciclaje, donde los usuarios pueden dejar sus aparatos inservibles o en desuso (El universal, 2019). En Ciudad de México, durante 2019 se llevó a cabo una jornada de acopio de residuos electrónicos llamada “Reciclatrón” (Greenpeace, 2021).

### **Acopio/ Almacenamiento**

Una vez que los residuos son recibidos en las instalaciones de la empresa, se almacena temporalmente previo a su procesamiento; es decir, los residuos pueden ser desensamblados o reacondicionados (SEMARNAT; PNU, 2017). El acopio de los RAEE se hace en espacios variables que van desde casas particulares hasta lotes destinados a esa actividad. Los domicilios sirven como taller y almacén de los RAEE. En la operación se observan grupos de personas que realizan la separación de componentes y materiales, incluso adolescentes y adultos desensamblando los equipos electrónicos al pie de las banquetas (Tec-Check, García, & Manske, 2020) y realizan el almacenaje en camionetas estacionadas sobre la vialidad.

### **Valorización**

La valorización de los residuos se refiere a las operaciones y procesos que aportan un beneficio económico significativo y también pueden ser una fuente de costos para la empresa (Ya-ping, 2012). Los costos se refieren a los gastos y consumos de material expresados en términos monetarios ocurridos en el proceso de revalorización o manejo de los materiales.

Los beneficios económicos se generan en varias etapas y procesos a los que son sometidos los RAEE, desde su traslado hasta procesos de extracción manual, procediendo a tareas de desmontaje, separación y valorización de los componentes, piezas o partes valorizadas por tipo de metal, plástico, polímero o compuesto (Fernández Protomastro, 2013), donde se utilizan medios manuales, mecánicos, hidráulicos, neumáticos, magnéticos u otros para separar partes y materiales, con disminución de tamaño de partícula o sin ella (SEMARNAT; PNU, 2017).

Se realizan métodos peligrosos sin ningún tipo de control para la separación de las materias primas valiosas contenidas en los RAEE. Esto implica el uso de productos tóxicos al aire libre, lo que resulta en una combustión abierta, así como la aplicación del baño de ácido, que involucra sumergir los aparatos en ácido sulfúrico (Gestores de residuos, 2018).

### **Disposición final**

En un primer caso al extraerse materiales o piezas valorizables se sabe que existe un mercado para comercializar estos productos que se reintegrarían al mercado como materia prima de refacciones para otros equipos. En todos los casos, excepto para los metales y tarjetas impresas, el material puede ser procesado en el país o enviado al extranjero; para los metales, se identificó que los ferrosos son enviados a proveedores nacionales, mientras que los no ferrosos como el aluminio pueden ser vendidos en México o enviados al extranjero (SEMARNAT; PNU, 2017).

Para el caso de los equipos a los cuales se les puede prolongar su vida útil, son comercializados en mercados físicos y electrónicos. Los materiales o componentes que no pueden valorizarse se disponen de tres formas (SEMARNAT; PNU, 2017):

- Pago a proveedor: Los grandes establecimientos contratan a un proveedor para que recolecte el desecho de los residuos y los disponga de manera adecuada.
- Camiones de basura: Aquellos materiales que no pueden ser comercializados, son desechados.
- A disposición abierta: Se refiere a que los residuos que no son de utilidad son colocados en la parte externa del establecimiento para que, tanto los clientes o los transeúntes, tomen los residuos que les puedan ser útiles, como refacción o reparación de este.

### 1.3 Impacto de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

La gestión de los RAEE es uno de los grandes problemas que afronta esta nueva era tecnológica. Este tipo de residuos requiere de una gestión sostenible al final de su vida útil, debido a las implicaciones ambientales, sociales y económicas asociadas. Es importante entender que estos residuos son diferentes de otros y que poseen características específicas, cuya gestión, tratamiento y disposición final debe realizarse de manera responsable (Torres, et al., 2015).

Los RAEE son el tipo de basura que más rápido crece en el mundo, una parte de esta problemática obedece al modelo económico de consumo lineal (PROFECO, 2021), la cultura de extraer nos ha llevado a consumir demasiados equipos, por lo que se explota los recursos naturales y a las personas, además de que acelera el cambio climático (Greenpeace, 2021). La importancia del tema de la generación y manejo de los residuos no involucra sólo los efectos ambientales y de salud pública derivados de su generación y manejo, también está implícito el uso de los recursos naturales (SEMARNAT, 2015).

#### 1.3.1 Impacto social

La obsolescencia programada se ha convertido en debate internacional (UCNA & GEAM, 2018), responde a una conceptualización premeditada por parte de los fabricantes para crear artículos de menor calidad, que acorten sus ciclos de vida útil, con el fin de fomentar el consumo. Cuando un producto dura menos, más fácilmente tendrá que ser reemplazado por otro en el mercado. Nace la cultura de desechar, de reemplazar (Fernández Protomastro, 2013). En la **Tabla 1** se muestran los resultados del tiempo aproximado de vida útil de los principales equipos en el año 2006:

Vida útil de equipos en 2006	
Equipo	Años
Computadora	5
Televisión	10
Teléfono celular	6
Reproductores de sonido	6

Tabla 1: Vida útil de equipos en 2006  
Fuente: Moguel & J., 2007.

Estos lapsos a medida que transcurren los años van reduciéndose y en México, al igual que en el mundo, los desechos electrónicos constituyen una preocupación. Al irse incrementando la manufactura y el uso de los productos electrónicos sin desarrollarse, al mismo tiempo, esquemas de manejo adecuado para los desechos posconsumo (Moguel & J., 2007).

A medida que pasan los años, estos periodos de vida útil se van acortando, lo que genera una creciente preocupación tanto en México como a nivel mundial. El incremento en la fabricación y uso de productos electrónicos no ha sido acompañado por el desarrollo de esquemas adecuados para el manejo de los desechos posteriores al consumo (Moguel & J., 2007).

En el caso de la recolección del sector informal, las condiciones laborales son precarias, se trata de trabajadores informales u organizados que, en su mayoría, no cuentan con acceso a la atención médica ni a un seguro social, a pesar de que están expuestos constantemente a los elementos peligrosos de los RAEE (Tec-Check, et al., 2020). Las personas que laboran en el sector informal provienen de los niveles de ingreso más bajos y encuentran en este tipo de empleo una oportunidad para incrementar su nivel de ingresos.

En el sector formal, también influye en la cantidad de residuos presentes o recolectados por los pocos sistemas de captación de residuos, de manera que, en muchos casos, se puede encontrar residuos en sitios de disposición final sin cumplimiento de la regulación. Todos estos sistemas, al no tener una regulación apropiada ni específica, se rigen y son generalmente normados, por la ley de residuos peligrosos (UNESCO Montevideo, 2010).

En otros casos, algunos consumidores conservan en sus hogares, una gran cantidad de residuos tecnológicos: computadoras, celulares, impresoras, multifuncionales, cartuchos de tóner, baterías, cables (SEMARNAT, 2020).

Cuando los residuos se someten a procesos de valorización en el sector informal, surgen graves problemas, que van más allá de la falta de permisos y pagos. Uno de los principales desafíos es el desmontaje manual de los dispositivos, utilizando desamadores y martillos. En este contexto, no se implementan medidas de seguridad ni se proporciona el equipo necesario para proteger a los trabajadores de los tóxicos liberados durante el desensamble y trituración de los residuos (SEMARNAT; PNU, 2017). Además, se emplean técnicas perjudiciales, como la quema de partes adheridas a los metales y plásticos, lo cual representa un riesgo tanto para la salud humana como para el medio ambiente (Tec-Check, et al., 2020).

Cuando el desmontaje no se lleva a cabo de manera adecuada, las sustancias peligrosas pueden dispersarse en los metales recuperados y los materiales triturados. Los procesos de recuperación mediante incineración pueden generar emisiones de sustancias nocivas debido a la presencia de metales pesados (como plomo y cadmio) o compuestos halogenados (ACRR, 2010). Este tipo de reciclaje conlleva graves consecuencias para el medio ambiente y la salud de las personas (Forti, et al., 2020). Para obtener una visión detallada sobre los principales elementos presentes en los RAEE y sus efectos en la salud y el medio ambiente, se presenta la **Tabla 2**.

Sustancia toxica	Fuente	Efecto en la salud	Efecto en el medio ambiente
Arsénico	Se encuentra en chips de computadora y diodos emisores de luz.	Exposiciones prolongadas a éste se han relacionado con cáncer de pulmón y de piel.	Se bioacumula en los peces y crustáceos siendo una sustancia extremadamente venenosa para ellos.
Cadmio	Se utiliza como recubrimiento en los contactos e interruptores de los CPU y monitores para evitar corrosión.	La exposición a esta sustancia ocurre por inhalación y a través de la comida o agua contaminadas provocando daño pulmonar. La exposición prolongada a niveles bajos puede causar presión arterial elevada, daño renal y cáncer.	Ingresa al medio ambiente a través de la tierra y agua. Esta sustancia puede bioacumularse en hongos, ostras, camarones, mejillones y peces.
Cromo	Se utiliza como endurecedor en plásticos y como colorante en pigmentos. Puede estar presente en los recubrimientos de algunas partes metálicas.	Su inhalación puede provocar catarro, sangrado de nariz, úlceras y cáncer. La ingesta puede causar daños en el estómago, riñones y provoca úlceras.	Llega al medio ambiente a través de la emisión cuando los componentes son quemados.
Litio	Presente en las baterías viejas, la luz fluorescente de las pantallas de plasma (LCD) y en los interruptores de computadoras.	Puede producir quemaduras en la piel, ojos y pulmones si es inhalado.	Los compuestos de litio tienden a permanecer disueltos en el agua y no son fácilmente absorbidos por la tierra.
Mercurio	Incluida en las baterías viejas, la luz fluorescente de las pantallas de plasma (LCD) y en los interruptores de computadoras.	Exposición a corto plazo causa daño pulmonar, náuseas, vómito, diarrea y aumento de la presión arterial. La exposición prolongada al plomo disminuye el rendimiento general del sistema nervioso.	En su forma orgánica es más accesible a los seres vivos y alimentos.
Plomo	Utilizado para los tubos catódicos (presente en los AEE viejos). También presente en tarjetas madre, circuitos y los plásticos de cableado.	Síntomas iniciales a la exposición son anorexia, dolor muscular y de cabeza. La exposición prolongada al plomo disminuye el rendimiento general del sistema nervioso.	La mayoría de los compuestos de plomo son insolubles en agua. Es bioacumulable en los mariscos. De quemarse o incinerarse las partículas se transmiten al aire y tierra.
Policloruro de vinilo (PVC)	Usado como aislante en cables.	Cuando se quema produce una alta cantidad de dioxinas, sustancias tóxicas que causan lesiones cutáneas y alteraciones hepáticas.	Dado su uso extensivo, este compuesto está muy propagado en el medio ambiente. Se une fácilmente a la tierra, pero también se degrada cuando entra en contacto con el oxígeno.
Retardantes de flama	Se añade a los plásticos y tarjetas madre de los electrónicos para prevenir incendios.	Actúan como disruptores hormonales. Los niños expuestos a estas sustancias son más propensos a enfermar de la tiroides y relacionadas con el sistema neuronal.	No se disuelve en el agua y suelen unirse a la tierra, de esta forma llega a los alimentos y se magnifica a lo largo de una cadena alimenticia.
Sulfuro de zinc	Se utiliza en el interior de monitores. La exposición a esta sustancia puede ocurrir cuando el monitor se rompe.	Elemento corrosivo para la piel y pulmones. Su ingestión puede dañar al estómago.	Es el mineral más común en el medio ambiente.

Tabla 2: Efectos de los componentes de los RAEE en la salud y el medio ambiente.

Fuente: Tec-Check, García, & Manske, 2020.

Las malas condiciones en el tratamiento de los RAEE se dan principalmente en países que no cuentan con la infraestructura suficiente, en los que se intenta abaratar los costos del reciclaje utilizando métodos que ponen en peligro la salud de los trabajadores y generan un impacto medioambiental muy negativo (Gestores de residuos, 2018).

En México el sector informal se identifica, principalmente en las zonas metropolitanas, donde las condiciones laborales son de mayor precariedad. Los establecimientos pequeños, se refieren a negocios familiares donde trabajan varios integrantes de la familia, desde menores de edad hasta personas de la tercera edad; asimismo, en medida que el establecimiento es mayor, es posible observar una mayor organización que incluye la contratación temporal e informal de personal adicional para realizar actividades de recolección, desensamble, entre otras (SEMARNAT; PNU, 2017).

### **1.3.2 Impacto económico**

Algunas piezas o materiales de los RAEE tienen el potencial de ser valorizados, recuperados y reciclados para ser utilizados como materia prima secundaria en la fabricación de nuevos productos (Baldé, 2017). Un ejemplo ilustrativo es que en una tonelada de teléfonos inteligentes hay aproximadamente 70 veces más oro que en una tonelada de mineral de oro (Lauren Joseph, 2018).

No obstante, en ciertos casos, los costos asociados a la recolección y reciclaje adecuados de los RAEE pueden superar los ingresos generados a partir de los materiales recuperados. Este escenario se aborda a través de la logística inversa, que se refiere al proceso de recuperación de valor o el tratamiento adecuado de los RAEE. La logística inversa es un componente esencial en el sistema de logística empresarial, ya que aporta beneficios económicos significativos, pero también implica costos para la empresa (Ya-ping, 2012). Este desafío radica principalmente en la complejidad del diseño de productos y la dificultad para separar materiales altamente mezclados (Mangalini, et al., 2015).

Otro factor a tener en cuenta es el comportamiento de la sociedad en relación con los dispositivos electrónicos. En promedio, cada hogar posee entre 8 a 10 aparatos eléctricos o electrónicos, según los datos de las clases medias de América Latina en el año 2000. Actualmente, esta cifra ha aumentado a una media global de 40 AEE por hogar. Esto indica que el consumo se caracteriza más por la calidad y la marca de los dispositivos que por la cantidad de estos a los que tenemos acceso (Fernández Protomastro, 2013).

La basura electrónica es a menudo vista como una fuente potencial de ingresos para individuos y empresarios que quieren recuperar materiales valiosos presentes en los equipos desechados. Por lo tanto, los procesos de tratamiento de desechos electrónicos tienen como objetivo eliminar los componentes peligrosos o recuperar la mayor cantidad de materiales esenciales como sea posible (Mangalini, et al., 2015).

Sobre el empleo generado, estima que por cada 1.000 toneladas de RAEE reciclados al año, se obtienen 40 empleos relacionados a labores de recolección, transporte, almacenamiento, pretratamiento, tratamiento, medición y control, entre otros (Jacques Clerc, 2021).

Si los residuos llegan a valorizarse, en muchos casos, los encargados del desmantelamiento descomponen manualmente los equipos en componentes y materiales que pueden comercializarse y utilizarse. Los encargados del reciclaje queman, lixivian y funden los RAEE, a fin de convertirlos en materias primas secundarias (Forti, et al., 2020).

### 1.3.3 Impacto ambiental

Paradójicamente, los aparatos eléctricos y electrónicos que acompañan y ayudan a facilitar las tareas en la vida cotidiana, además de favorecer que la comunidad esté integrada a través de la información, son los mismos que contienen componentes riesgosos y materiales de valor (Silva, 2020), los cuales se generan en cantidades exorbitantes año con año, limitan los recursos naturales que cada vez son más caros de extraer y solo se extraen de unos pocos lugares de la tierra (BBC, 2019). Las características de estos residuos determinarán el mejor proceso de tratamiento y disposición final después de concluida su vida útil. Los procesos de recolección, gestión, logística, o reciclaje de estos equipos deberán realizarse de acuerdo con sus componentes (Torres, et al., 2015).

Los RAEE son sofisticados y contienen una amplia gama de materiales valiosos y escasos, con la recuperación de estos materiales se puede reducir un poco la minería de materiales vírgenes (Mangalini, et al., 2015), pero se fabrican con métodos que hacen difícil su separación. De igual manera muchos de los componentes peligrosos de estos equipos siguen constituyéndose un problema ambiental y de salud, siendo en muchos casos el grado de reciclado insuficiente (Torres, et al., 2015).

Como ejemplo se muestra en el **Figura 7** la variedad de elementos que componen un celular, en muchos casos, la industria electrónica utiliza cada año cantidades notables de estos elementos en los procesos de producción (Mangalini, et al., 2015).

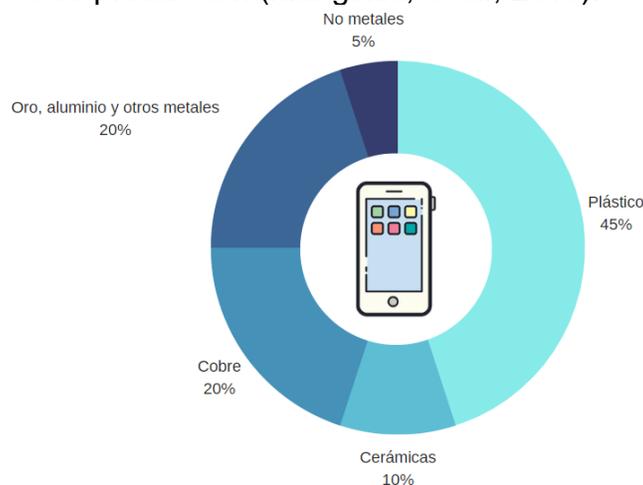


Figura 7: Composición de materiales en un celular.:  
Fuente: Mangalini, Ruediger, & Baldé, 2015

Existe una gran proporción de RAEE que no están siendo recolectados ni tratados de una manera amigable con el medio ambiente ni con la salud. Adicionalmente, algunos residuos eléctricos y electrónicos generados a nivel mundial viajan grandes distancias hacia países en desarrollo, y en éstos frecuentemente se utilizan técnicas primitivas e ineficientes para extraer sus materiales y componentes (Torres, et al., 2015).

La recolección desde el punto de vista ambiental y de salud pública, tiene una relevancia fundamental, además de que los residuos que se recolectan pueden ser recuperados o dispuestos adecuadamente. En contraste, aquellos que no se recolectan pueden permanecer en los sitios de generación o diseminarse, ocasionando efectos negativos, tales como: obstruir

desagües y cursos de agua, contaminar los cuerpos de agua y los suelos, deteriorar el paisaje o convertirse en fuente de enfermedades potenciales para la población, entre otros (SEMARNAT, 2015).

En México se estableció que las entidades federativas son las responsables de la regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos y los municipios son los encargados de poner en marcha dichos sistemas (DOF, 1988). Al cierre del 2018 se analizaron 2463 municipios, de los cuales 188 no contaron con servicio de recolección de RSU. Como se muestra en el **Figura 8**, un 39% de estos municipios afirma que la principal práctica para eliminar estos residuos es incinerándolos, seguida de depositarlos en tiraderos a cielo abierto con un 32% y la tercera opción es enterrarlos con un 19% (INEGI, 2019).

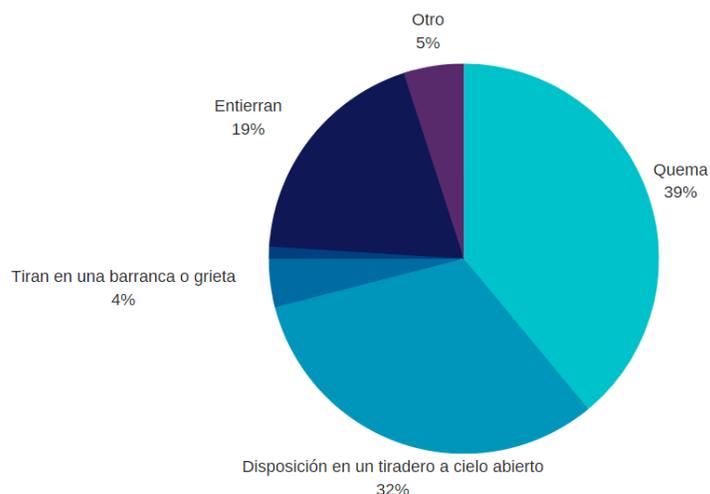


Figura 8: Prácticas de desecho de residuos en municipios sin servicio de recolección.  
Fuente: INEGI, 2019.

No existe una estrategia para el tratamiento de RAEE que sea absolutamente benigna sin ningún riesgo ambiental. Después de que se genera el RAEE, cada componente tendrá que someterse a un proceso de tratamiento específico a través de diferentes prácticas de gestión de residuos, lo que puede amenazar tanto el medio ambiente como la salud humana (Fernandes Andrade, et al., 2022). En la **Tabla 3** se encuentran algunas de las consecuencias ambientales y en la salud de la disposición inadecuada de los residuos.

<b>Consecuencias ambientales provocadas por una disposición inadecuada de los residuos sólidos urbanos</b>	
Generación de biogases	Los sitios de confinamiento de RSU son importantes generadores de biogases, algunos de los cuales también son gases de efecto invernadero (GEI). Todos ellos generan problemas ambientales de diversa índole, que van desde olores desagradables hasta la contribución al aumento de la temperatura global.
Liberación de sustancias agotadoras de ozono (SAO).	Cuando los envases vacíos o los aparatos electrodomésticos que contienen gases refrigerantes son descartados de manera inadecuada, los SAO que contienen se liberan a la atmósfera y afectan a la capa de ozono (Contreras Nuño, 2015).
Contaminación de los suelos y de los cuerpos de agua.	Muchos RSU generan líquidos durante su proceso de descomposición, los cuales se conocen con el nombre de lixiviados.
Proliferación de fauna nociva y transmisión de enfermedades	Los RSU acumulados actúan como fuente de recursos y de refugio para diversos grupos de organismos, los cuales pueden llegar a ser nocivos para el ser humano al irrumpir en las zonas habitacionales y ser fuente directa de infecciones o al ser vectores de los organismos que las provocan.

Tabla 3: Consecuencias ambientales provocadas por una mala disposición de los RSU.  
Fuente: SEMARNAT, 2015.

#### **1.4 Caso de estudio: Una empresa valorizadora de lavadoras.**

El caso de estudio de esta tesis es una empresa considerada eslabón en una Cadena de Suministro Inversa (CSI), empresa informal ubicada en el municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México, dedicada a la valorización de lavadoras de perilla.

La empresa lleva a cabo diversas actividades, entre las cuales se encuentra la adquisición de materiales desde un centro de acopio. Esta fase de adquisición engloba una serie de procesos que comprenden la recolección, inspección, selección, almacenamiento, transporte y consolidación de los residuos.

La valorización, por otro lado, se refiere a las operaciones destinadas a recuperar el valor económico y funcional de los residuos. Esta etapa implica actividades como limpieza, inspección, selección, desmontado, reúso, reciclaje, remanufactura, reparación y restauración.

La reintegración, finalmente, implica la distribución de los materiales valorizados a cadenas de suministro, tanto directas como inversas. En este proceso se incluyen actividades como la venta, almacenaje y transporte, siendo paralelas a las actividades de distribución en las cadenas directas.

En 2018 el propietario de la empresa se interesó en una nueva forma de generar de ingresos por medio de sus familiares, quienes ya contaban con una empresa dedicada a la valorización de lavadoras, sus familiares accedieron a contratarlo como ayudante y en el transcurso de los meses aprendió a reparar las lavadoras, buscar proveedores y centros de acopio. Con el tiempo decidió emprender por su cuenta, actualmente busca diversificar su negocio con la reparación de otro tipo de equipos.

## **1.5 Planteamiento del problema**

El propietario de la empresa caso de estudio se encuentra ante un desafío significativo: la sobreoferta de lavadoras reacondicionadas. Tras llevar a cabo entrevistas, emplear herramientas de observación y realizar visitas, se constató que en la zona de Nezahualcóyotl existe una considerable cantidad de individuos dedicados a la valorización de equipos electrónicos. Según el propietario, las lavadoras son uno de los dispositivos más propicios para restaurar y reparar. Este hecho ha generado un mercado saturado, evidenciado por el hecho de que varios miembros de su familia y vecinos se dedican a la misma actividad. En este contexto, la empresa carece de un diferenciador distintivo respecto a otras empresas en la zona. Además, en ocasiones, la venta de los equipos reparados demora más de lo anticipado. Por consiguiente, este no constituye el principal generador de ingresos para el negocio.

## **1.6 Objetivo**

El objetivo de esta tesis es formular un Modelo de Negocio (MN) dirigido a empresas que forman parte de la CSI de lavadoras, siguiendo el enfoque de la empresa tomada como caso de estudio. Este modelo será desarrollado a partir de la caracterización del proceso de valorización que realizan, con el propósito de mejorar el rendimiento y el valor recuperado de las lavadoras.

### **1.6.1 Objetivos específicos**

- Identificar el MN con el que opera la empresa valorizadora de las lavadoras.
- Identificar y seleccionar a los patrones de MN que sean aplicables en la empresa caso de estudio y posteriormente confrontarlos con el MN actual de la empresa.
- Formular un MN que siga basándose en el valor recuperado de las lavadoras.

## **1.7 Justificación**

Esta investigación se realizó con el fin de documentar las actividades generadas por una empresa valorizadora de lavadoras, para la cual se identificó que una fuente de ingresos muy común en el Municipio de Nezahualcóyotl, no sólo lavadoras, si no una gran variedad de residuos. Sin embargo, no se tienen documentadas estas actividades que podrían ayudar a tener una mejor valorización de estos y otros residuos. No se tiene información sobre los riesgos asociados a la salud ni al medio ambiente y no se sabe la dimensión del impacto que generan estas actividades.

En el plano empresarial, las empresas valorizadoras de RAEE son agentes económicos que generan riqueza a partir de las actividades económicas que realizan. Para algunas familias es su principal fuente de ingresos y se ha observado que existe un mercado potencial que adquiere estos aparatos reacondicionados por el bajo costo de adquisición comparado con uno nuevo. En algunos casos estas empresas no encuentran una idea de escalabilidad, limitándose solo a la valorización y reintegración de los RAEE, es por esto que se formuló un MN que pueda servir a estas empresas para ayudar al diseño de nuevos modelos y así incrementar sus ingresos.

## Capítulo 2 : Valorización, circularidad y modelos de negocio para los RAEE

Este capítulo tiene como finalidad describir el marco conceptual que permitió el abordaje y cumplimiento del objetivo de la tesis.

En la sección del marco conceptual se describe lo siguiente: cómo la empresa caso de estudio dedicada a la valorización de RAEE puede considerarse parte de una CS; por qué la CSI de los RAEE podría estar inmersa en la idea de Economía Circular (EC); en qué consiste la valorización de los RAEE, las Operaciones Logísticas de Adquisición (OLA) y las Operaciones Logísticas de Transporte (OLT) que se realizan; la caracterización de la empresa caso de estudio; qué es un MN y la estrategia de investigación llevada a cabo que refleja el marco metodológico utilizado.

El marco metodológico que respalda la tesis es la Ciencia del Diseño (Design Science). Con base en la Ciencia del Diseño la propuesta de la tesis, el MN para empresas valorizadoras de RAEE y en particular lavadoras, se considera un *artefacto*, una *ontología* del MN para RAEE. Se considera que el artefacto es primordialmente para la solución a un problema, para el caso la valorización de los RAEE, y se espera que la introducción del artefacto induzca su empleo y que se dejen a un lado o abandonen los comportamientos y mecanismos que son origen del problema. Las actividades realizadas en este marco, de acuerdo con March & Smith (1995), son: construcción y evaluación. La construcción se refiere al vocabulario y las conceptualizaciones para referirse a la formulación de modelos de negocio para RAEE y el método para el desarrollo del MN propuesto. La evaluación se refiere a los criterios definidos y a su valoración que permita concluir que se ha realizado o logrado algún progreso con la inclusión de, en este caso, el MN propuesto. Para el caso la evaluación está implícita en el proceso de alineación del MN propuesto donde con base en la opinión del dueño de la empresa caso de estudio y expertos diseñadores se concluye respecto al logro de progreso en la valorización de los RAEE.

Este trabajo es una investigación basada mayormente en evidencia empírica, una investigación en la que se genera conocimiento mediante el registro de experiencias directas e indirectas. Es parte de un conjunto de estudios sobre la adquisición y valorización de RSU en CSI. Se consideró a la empresa caso de estudio como un eslabón de la CSI que valoriza lavadoras, como un caso de estudio aporta datos al posible desarrollo de constructos y teorías sobre fenómenos contemporáneos, en este caso, la gestión de las CSI que incluye la valorización de los residuos. La investigación es de carácter exploratoria, esto es, no se tiene un diseño experimental riguroso y bien controlado.

### 2.1 Cadena de suministro inversa y economía circular

La CS es la estructura de agentes económicos por la que fluyen los recursos o suministros requeridos y derivados para satisfacer las necesidades de personas y empresas. La CS incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle e incluso a los mismos clientes (Chopra & Meindl, 2008). En la **Figura**

9 se observa que la CS directa extrae recursos del medio ambiente, elimina los productos cuya vida útil ha terminado, los materiales de embalaje y los desechos de múltiples etapas de la CS.

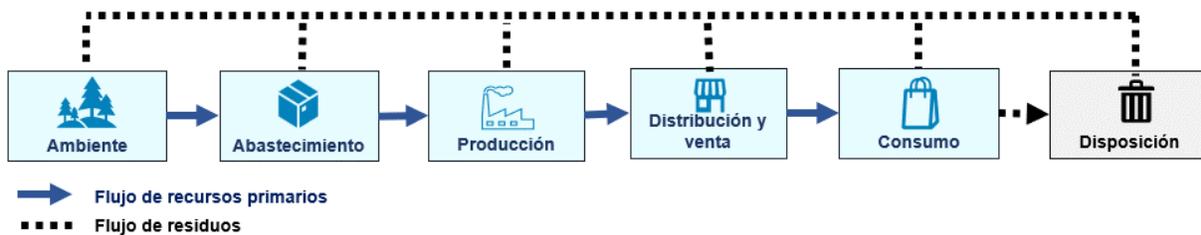


Figura 9: Cadena de suministro lineal.  
Fuente: Farooque et al., 2019.

Por otro lado, como se observa en la **Figura 10**, la CSI. Está se constituye por otros o los mismos agentes que realizan el aprovisionamiento, revalorización, reintegración y disposición final de retornos y residuos. Se concentran en recuperar el valor sobrante de las que alguna vez fueron mercancías, en el caso de las CSI genera cero residuos porque está diseñada para restaurar y regenerar sistemáticamente los recursos en el ecosistema industrial y natural en el que está incrustada (Farooque et al., 2019 y Kenji, 2022).

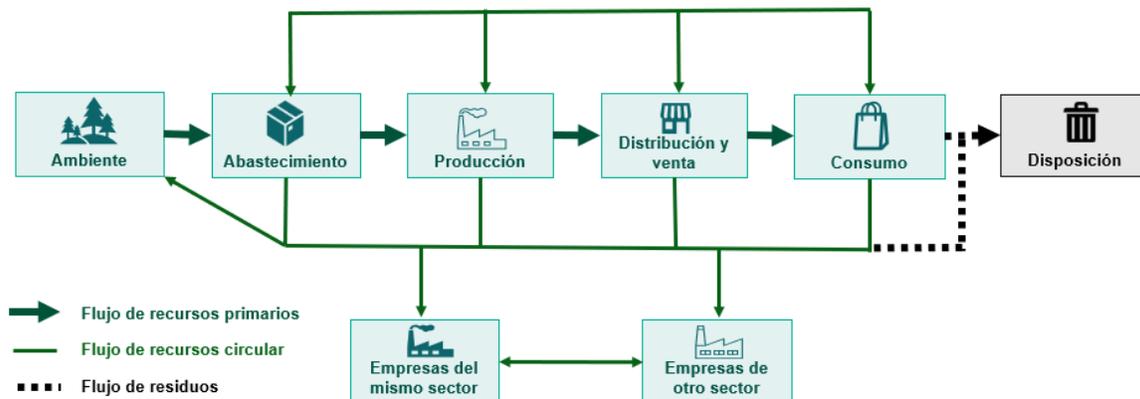


Figura 10: Cadena de suministro circular.  
Fuente: Farooque et al., 2019.

El enfoque circular contrasta con el MN lineal tradicional de producción de tomar-fabricar-usar-desechar y un sistema industrial que depende de los recursos naturales (Bocken, et al., 2016). Las CS son críticas para la aplicación de la EC debido a que implican trascender los límites de la empresa para obtener de los proveedores, materiales amigables con el medio ambiente; y de los clientes, su cooperación para la valorización de los productos post consumo (Hernández González, et al., 2020).

El paradigma de la EC está siendo ampliamente estudiado como un posible camino hacia un desarrollo sostenible, desvinculando el crecimiento económico del consumo de materiales y los impactos ambientales (Gnoni, et al., 2017). Una EC es un sistema regenerativo en el que la entrada y el desperdicio de recursos, las emisiones y las fugas de energía se minimizan ralentizando, cerrando y estrechando los bucles de material y energía (Huda & Islam, 2018).

La fundación Ellen MacArthur (2017) define a la EC como un sistema económico, basado en modelos comerciales, dirigido a reemplazar el concepto de fin de vida útil por reducir, reutilizar

alternativamente, reciclar y recuperar materiales en procesos de distribución, producción y consumo con el objetivo de lograr el desarrollo sostenible, como se observa en la **Figura 6**.

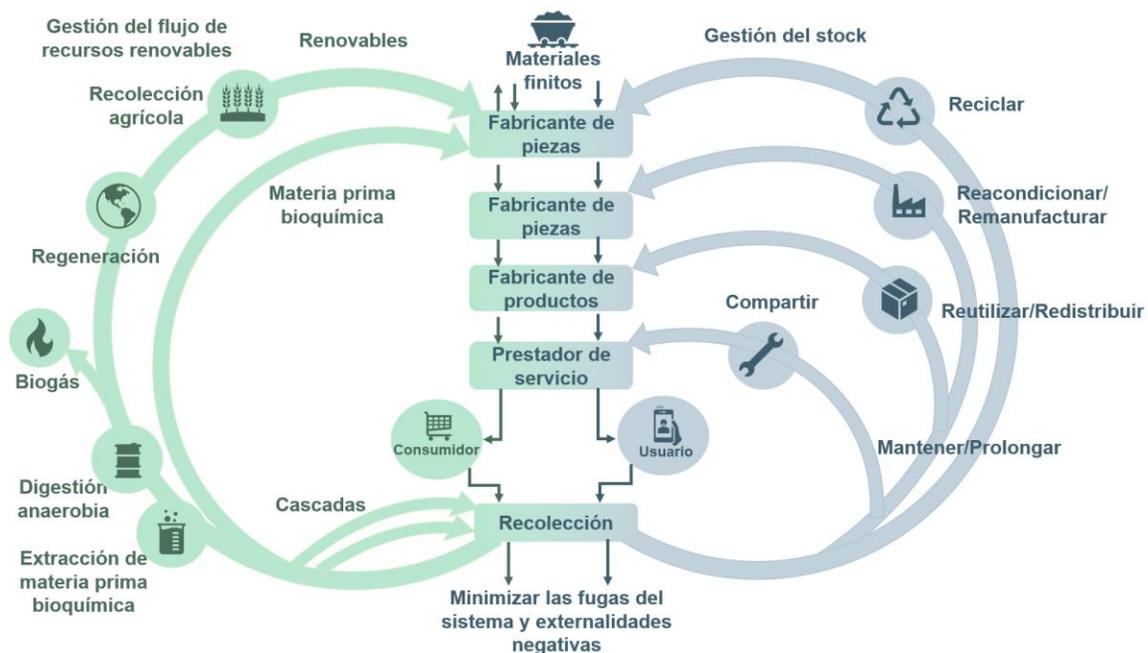


Figura 11: Diagrama del sistema de economía circular.  
Fuente: The Ellen MacArthur Foundation, 2017.

Sus principios son tres:

- preservar y mejorar el capital natural,
- optimizar los recursos materiales y
- fomentar la eficacia del sistema.

El objetivo de la EC es analizar el crecimiento económico, el uso de los recursos y los impactos ambientales. Para hacer esto, se debe repensar la economía global como un sistema para comprender el flujo de materiales, el impacto del ciclo de vida, las compensaciones, etc. (Lerwen & Ramakrishna, 2021).

## 2.2 La empresa caso de estudio como un eslabón de la cadena de suministro de los RAEE

La investigación se centra en una pequeña empresa que valoriza lavadoras. La valorización consiste en recuperar el valor monetario de las lavadoras por medio de diferentes operaciones que se llevan dentro de la CS estas pueden ser: inspección, clasificación, desensamble y reparación del equipo para su reutilización o con el fin de recuperar piezas o materiales que pueda reintegrar y comercializar en mercados secundarios. Como se observa en la **Figura 12**, dentro de la CSI de los RAEE, la empresa caso de estudio realiza diferentes roles, como agente adquisidor, luego agente de transporte, después agente valorizador y finalmente como agente reintegrador. Repara los equipos, los transporta y los vende, de este modo las lavadoras vuelven a reintegrarse a la cadena, en cada uno de estos eslabones.

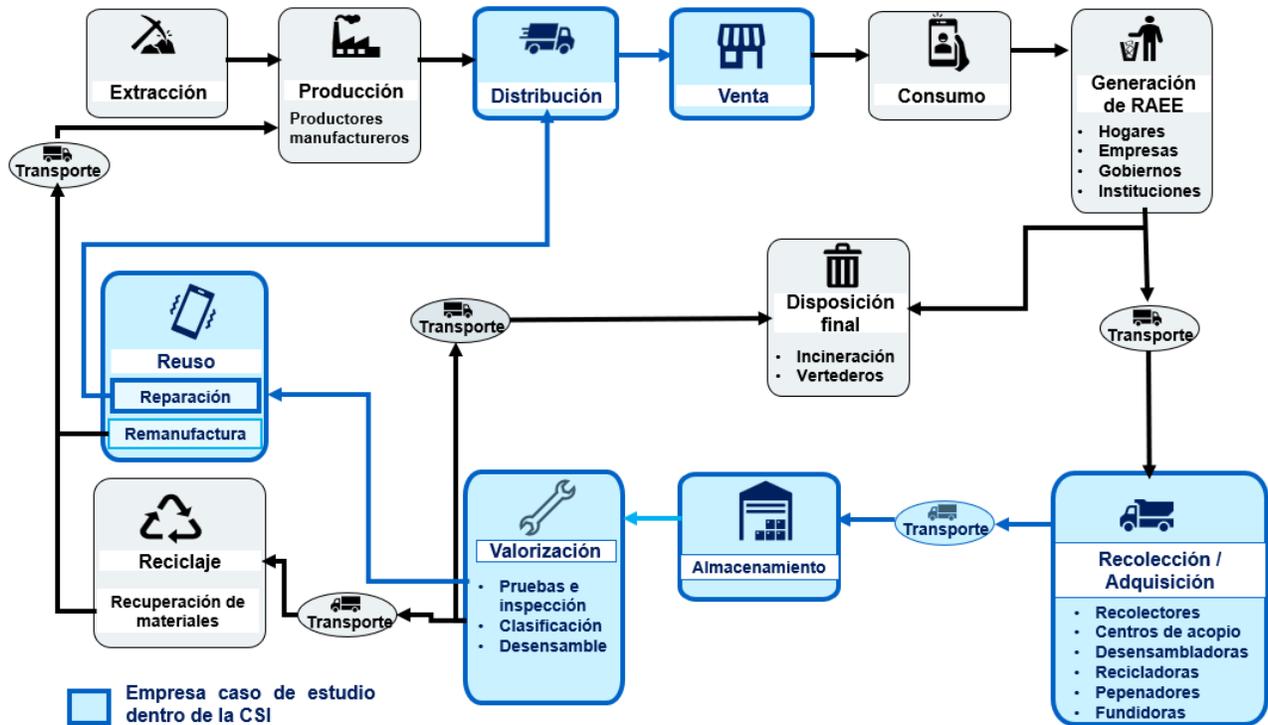
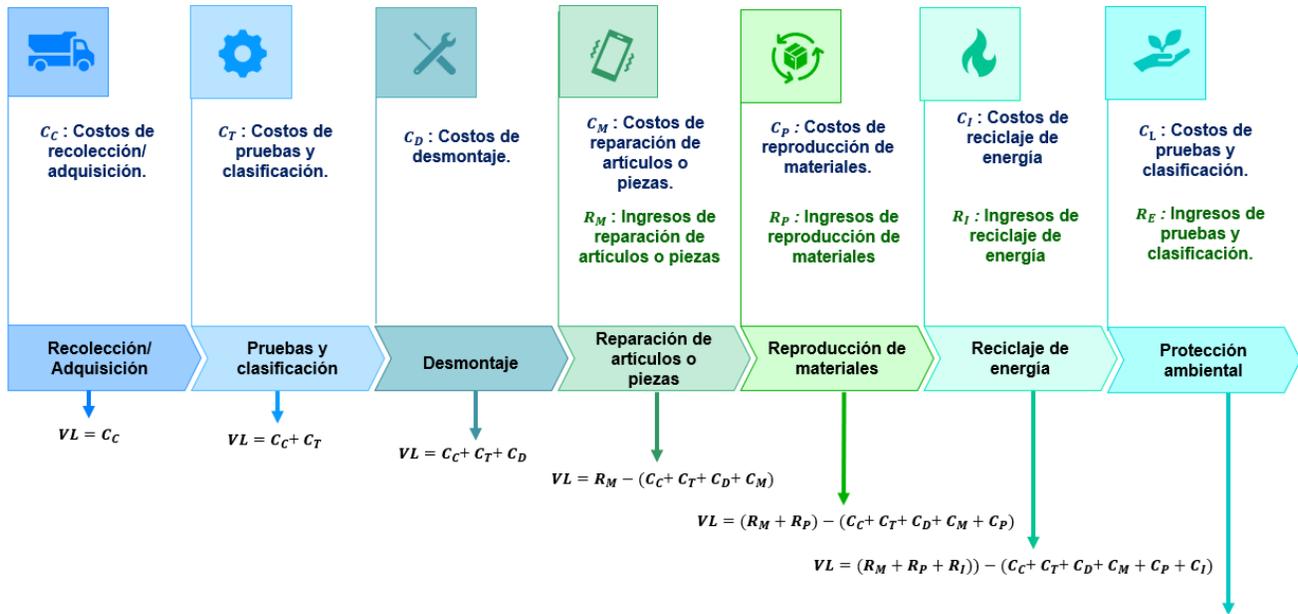


Figura 12: Cadena de suministro de los RAEE  
Fuente: Huda & Islam, 2018.

## 2.3 La valorización de los RAEE

Una vez que los residuos son adquiridos por el centro de reciclaje estos quedan disponibles para valorizarlos o recuperar su valor económico y/o funcional (Medina Toribio, 2019). Sin embargo, para extraer objetos valiosos de los desechos electrónicos, debe pasar por un proceso que incluye la recolección, almacenamiento, desensamble y la recuperación final del material (Abdelbasir, et al., 2018). Como se observa en la **Figura 13**, en cada etapa se realizan diferentes actividades y se generan diferentes costos y beneficios que se van acumulando dentro de la CS.



$$\text{Valor logístico} = (R_M + R_P + R_I + R_E) - (C_C + C_T + C_D + C_M + C_P + C_I + C_L)$$

Figura 13: Costos y beneficios dentro de la cadena de suministro de los RAEE.  
Fuente: Ya-ping, 2012.

Ya-ping (2012) describe los costos y beneficios que van generando valor logístico en cada etapa, se presentan a continuación.

### A. Costos de recolección ( $C_C$ )

Estos costos se generan cuando los residuos y materiales son recolectados de varias zonas y los trasladan a almacenes temporales llamados centros de acopio. Se incluyen los costos de transporte y el costo asociado al pago por los residuos o materiales.

$$C_C = \sum (C_{1i} * Q_{1i} + C_{2i} * Q_{2i}) \quad (1)$$

Donde:

- $C_{1i}$ : Costo unitario de transporte para el ítem i;
- $Q_{1i}$ : Cantidad recolectada del ítem i;
- $C_{2i}$ : Pago por cada unidad del ítem i;
- $Q_{2i}$ : Cantidad pagada por el ítem i si es que requiere un pago.

### B. Costos de pruebas y clasificación ( $C_T$ )

Son los en los que se incurre al realizar procesos de prueba y clasificación de los residuos o materiales, se definen cuáles son renovables y cuales se pueden volver a acondicionar incluso en diferentes grados.

$$C_T = \sum_i (C_{3i} * n_j + C_{4i} * t_i) \quad (2)$$

Donde:

- $C_{3i}$ : Costos unitarios de prueba del ítem  $i$ ;
- $n_j$ : Cantidad puesta a prueba del ítem  $i$ ;
- $C_{4i}$ : Costo unitario del tiempo para clasificar el ítem  $i$ ;
- $t_i$ : Tiempo total requerido para clasificar el ítem  $i$ .

### C. Costos de desensamble ( $C_D$ )

Son los costos de desmontaje en donde se incluyen los gastos generales de desmontaje y los gastos de rotura de aquellos residuos que no es factible desmontar.

$$C_D = \sum_i \left( \sum_j C_{5ij} * t_{ij} + n_{ij} + C_{6i} * W_{1i} \right) \quad (3)$$

Donde:

- $C_{5ij}$ : Costos por desensamblar las partes  $j$  del ítem  $i$ ;
- $t_{ij}$ : Tiempo requerido para desensamblar partes  $j$  del ítem  $i$ ;
- $n_{ij}$ : Cantidad de piezas de conexión  $j$  en el ítem  $i$  a desmontar;
- $C_{6i}$ : Costos unitarios de rotura de peso del ítem  $i$ ;
- $W_{1i}$ : Peso del ítem que necesité romper.

### D. Costos de remanufactura ( $C_M$ )

Incluyen principalmente costos de reacondicionamiento de partes y costos de reemplazo de partes.

$$C_M = \sum_i \sum_j (C_{7ij} * m_{ij} + C_{8ij} * \mathbf{1}_{1i}) \quad (4)$$

Donde:

- $C_{7ij}$ : Costos de reparación de partes  $j$  del ítem  $i$ ;
- $m_{ij}$ : Numero de partes  $j$  del ítem  $i$  a reparar;
- $C_{8ij}$ : Costo unitario reemplazar la parte  $j$  del ítem  $i$  con una parte nueva;
- $\mathbf{1}_{1i}$ : Número de partes  $j$  del ítem  $i$  a reemplazar.

### E. Costos de reproducción ( $C_P$ )

De la remanufactura se obtienen diversos materiales reciclables se pueden convertir en materias primas utilizables a través de la reproducción.

$$C_P = \sum_i C_{9i} * W_{2i} \quad (5)$$

Donde:

- $C_{9i}$ : Costos por unidad de peso del ítem  $i$ ;
- $W_{2i}$ : Peso del ítem  $i$ .

## F. Costos de Protección Ambiental ( $C_L$ )

Por razones tecnológicas y económicas existirán residuos no reciclables en cada proceso de logística inversa. Los vertederos ( $C_L$ ) y la incineración ( $C_I$ ) son el modo de eliminación de los desechos.

$$C_I = C_{10} * W_5 \quad (6)$$

$$C_L = \sum_i C_{11i} * W_{6i} \quad (7)$$

Donde:

- $C_{10}$ : Costos de incineración por unidad de peso;
- $W_5$ : Cantidad incinerada;
- $C_{11i}$ : Costo por disposición final en rellenos sanitarios del ítem i;
- $W_{6i}$ : Peso del ítem i llevado a disposición final.

Los beneficios más comunes de la logística inversa son los siguientes:

### A. Ingresos por remanufactura de piezas ( $R_M$ )

Los ingresos por remanufactura incluyen los ingresos por ventas de partes remanufacturadas y ahorros por la reutilización de partes.

$$R_M = \sum_i (r_{1i} * n_j + r_{2i} * m_i) + \sum_j (r_i * n_j + r_{2j} * m_j) + \sum_i \sum_j w_{ij} (m_{ij} + 1_{ij}) * P_{ij} \quad (8)$$

Donde:

- $r_{1i}$ : Ventas directas del ítem i;
- $n_j$ : Número de ítems vendidos;
- $r_{2i}$ : Ahorros por ítems i remanufacturados y no comprados;
- $m_i$ : Número de ítems i para la producción;
- $r_i$ : Ingresos por ventas directas de partes j;
- $n_j$ : Número de partes j vendidas;
- $r_{2j}$ : Ahorros por partes j remanufacturados y no compradas;
- $m_j$ : Número de partes j para la producción;
- $w_{ij}$ : Peso de la parte j en el ítem i;
- $P_{ij}$ : Ahorro por evitar sanciones medioambientales de j de cada ítem i.

## B. Ingresos por reproducción de materiales ( $R_P$ )

Se refiere a los ingresos por la conversión de materiales reciclables y vendidos o reincorporados como materia prima.

$$R_P = \sum_i (r_{3i} * W_{3i} + r_{4i} * W_{4i}) \quad (9)$$

Donde:

- $r_{3i}$ : Precio de venta del ítem i vendido;
- $W_{3i}$ : Peso del ítem i vendido;
- $r_{4i}$ : Ahorros por no comprar el ítem i requerido para la producción;
- $W_{4i}$ : Peso del ítem i requerido para la producción.

## C. Ingresos por generación de energía ( $R_I$ )

Se refiere al ahorro en la compra de combustible o al valor económico generado por la energía producida a partir de la incineración de desechos.

$$R_I = V * W_5 \quad (10)$$

Donde:

- V: Valor económico de la energía producida por la incineración de residuos unitarios;
- $W_5$ : Peso de los residuos incinerados.

## D. Beneficio de protección medioambiental ( $R_E$ )

Se refieren principalmente a beneficios por el decremento de los residuos y por su reciclaje.

$$R_E = C_{12} \left[ \sum_i \sum_j (m_{ij} + 1_{ij}) * W_{ij} + \sum_i W_{2i} + W_5 \right] \quad (11)$$

Donde:

- $C_{12}$  Ahorro en sanciones de protección medioambiental por peso de residuos;
- $m_{ij}$  Número de partes j reparadas en el ítem i;
- $1_{ij}$  Número de partes j del ítem i a reparadas;
- $W_{ij}$  Peso de la parte j del ítem i;
- $W_{2i}$  Peso del ítem i reproducible;
- $W_5$  Peso de los residuos incinerados.

### 2.3.1 Procesos de valorización de RAEE

Las alternativas para recuperar el valor económico de los RAEE son en primera instancia el reuso, la restauración y/o la reparación del equipo para ser comercializados en cambio, los equipos que se inspeccionan y se confirma que ya no se pueden restaurar o reutilizar se reciclan. Como se mencionó en el primer capítulo, los RAEE están compuestos por una gran cantidad de elementos de alto valor económico y contaminantes, existe un creciente interés de

las empresas por reciclar estos productos y volver a comercializarlos (Fernandes Andrade, et al., 2022). Debido a la variedad de RAEE que existe, su composición también puede diversificarse y se considera híbrido o multimaterial, esta complejidad aumenta los costos del proceso de tratamiento asociados con la gestión de desechos electrónicos, ya que los diferentes materiales demandan tecnología y métodos específicos para la separación y extracción de valor (Ottoni, et al., 2020). Hay varias opciones disponibles para mejorar el reciclaje de desechos electrónicos y las tasas de recuperación de materiales valiosos. En la **Figura 14** se observan las opciones más comunes de pretratamiento de RAEE para obtener materiales con alta calidad.

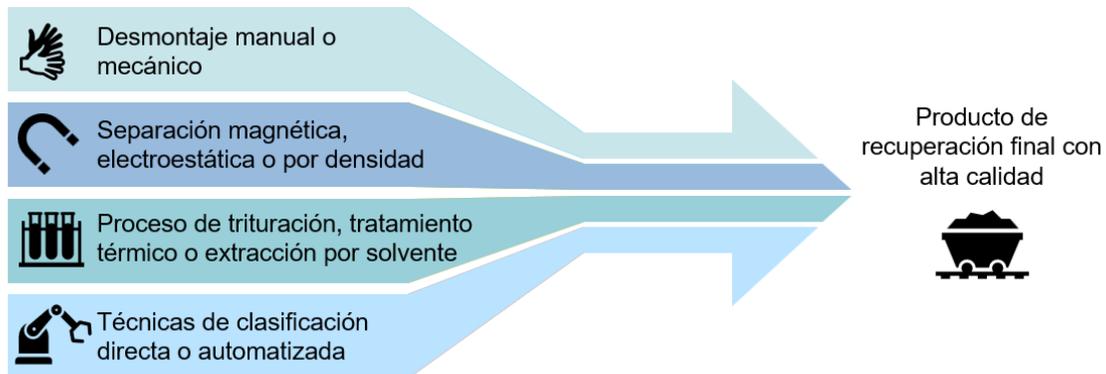


Figura 14: Pretratamiento de RAEE  
Fuente: Fernandes Andrade, et al., 2022.

Abdelbasir (2018), describe a algunos de los procesos importantes utilizados en el manejo de desechos electrónicos:

- **Tratamiento térmico:** El tratamiento térmico de los desechos electrónicos se lleva a cabo mediante incineración o pirólisis. La incineración es un método de arrojar desechos quemándolos. Al quemar los materiales de desecho, se produce una reducción de su volumen y se puede utilizar el contenido energético de los materiales. El tratamiento térmico también incluye pirólisis (calentar la sustancia en ausencia de oxígeno) en la que las sustancias se convierten en vapores, aceites y carbón. Este tipo de proceso por sus altos costos y complejidad solamente es realizado de una manera profesional en el exterior y realmente en un número muy limitado de instalaciones dedicadas casi exclusivamente a realizar esta labor con materiales exportados desde todas partes del mundo (Clerc, et al., 2021).
- **Procesos de tratamiento físico:** Los procesos físicos se aplican comúnmente durante la etapa de mejora cuando varios metales y no metales contenidos en los desechos electrónicos se liberan y se separan mediante algún proceso de trituración. Los procesos físicos incluyen la trituración en seco y la pulverización y luego la separación electrostática de alto voltaje para obtener una variedad de polvos metálicos (Cu, Pb, Zn, Al, Sn, Au, Ag, etc.) que son conductores y materiales de resina en polvo no metálicos que no son conductores. La separación magnética se ha utilizado generalmente en el procesamiento de minerales o en la industria de desechos sólidos para recuperar materiales magnéticos de otros materiales. Los métodos de reciclaje físico tienen

muchas ventajas. Son procesos sencillos, adecuados y respetuosos con el medio ambiente. Sus equipos y energía utilizada son de bajo costo y se distingue la potencial aplicación de los productos. La generación significativa de polvo, la pérdida de metal durante la trituración y la molienda son algunas de las debilidades importantes del rendimiento.

- **Procesos de Tratamiento Químico:** Estos métodos se basan en la tecnología hidrometalúrgica clásica de extracción de metales de sus minerales. Los ácidos o álcalis se utilizan como lixiviantes para la disolución de metales preciosos de los desechos electrónicos, y luego se separan y purifican para enriquecer el contenido de metales y eliminar las impurezas. El metal deseado se separa mediante procesos de extracción por solventes, adsorción o intercambio iónico. Por último, los metales se recuperan de la solución mediante electrorrefinación o procesos de reducción química. Las operaciones de procesos químicos son tediosas, requieren mucho tiempo y tienen un impacto en la economía del reciclaje. Sin embargo, el manejo mecánico de los desechos electrónicos para reducir el tamaño requerido para una disolución eficiente consume mucho tiempo. Aproximadamente el 20 % de los metales se pierde mecánicamente durante el proceso de liberación, lo que conduce a una reducción sustancial en la recuperación general de metales. Además, la lixiviación de haluros es difícil de aplicar debido a los fuertes ácidos corrosivos y las condiciones oxidantes; además, se requiere equipo especial de acero inoxidable o cauchos para el proceso de lixiviación. Además, existen riesgos de pérdidas de metal durante los pasos posteriores que afectan la recuperación general de metales.
- **Procesos de tratamiento de biolixiviación:** La biolixiviación es técnicamente factible utilizando una reacción asistida por bacterias para extraer metales básicos como Cu, Ni, Zn, Cr y metales preciosos como Au, Ag, de los desechos electrónicos. Muchos de los procesos de biolixiviación requieren mucho tiempo, entre 48 y 245 h, para recuperar los metales todos los metales presentes en los desechos electrónicos.
- **Procesos de reciclaje al vacío:** Los metales se pueden recuperar de los desechos electrónicos utilizando procesos de vacío que no tienen contaminación de aguas residuales. Aquí, los componentes no metálicos de los desechos electrónicos se pueden eliminar mediante pirólisis al vacío para que los metales se puedan recuperar fácilmente. Los metales separados y recuperados de las placas de circuitos dependen de sus presiones de vapor a la misma temperatura. El flujo de gas se puede controlar de manera eficiente y, además, no se liberarán aguas residuales ni se producirá emisión de polvo. Por un lado, los procesos de vacío tienen muchos beneficios para separar metales que tienen un punto de ebullición bajo y una presión de vapor de saturación alta, como Zn, Pb y Cd. Por el contrario, la separación de los metales valiosos y raros que tienen baja presión de vapor saturado a través del método de condensación al vacío no es tan grande.

## 2.4 Operaciones logísticas de adquisición y operaciones logísticas de transporte

En las secciones anteriores, se presentó una descripción detallada de la monetización del producto en cada etapa de procesamiento, así como una descripción general de algunas técnicas de valorización comunes que contribuyen a obtener un mayor rendimiento de los materiales. A continuación, se proporcionará una descripción de las OLA y las OLT que se llevan a cabo en la CSI. La CSI está compuesta principalmente por los siguientes eslabones: generación, adquisición, valorización y reintegración. En cada eslabón, o al interactuar entre ellos, se llevan a cabo una serie de actividades u operaciones necesarias para agregar valor logístico al producto y mantener la actividad productiva de la CSI (Sánchez-Lara , 2019).

En la **Figura 15** se presenta la descripción de cada una de las OLA, su análisis conlleva a identificar áreas de mejora que permitan ampliar el margen de valorización de los residuos dentro de las CSI (Flores-Bárceñas & Sánchez-Lara, 2021).

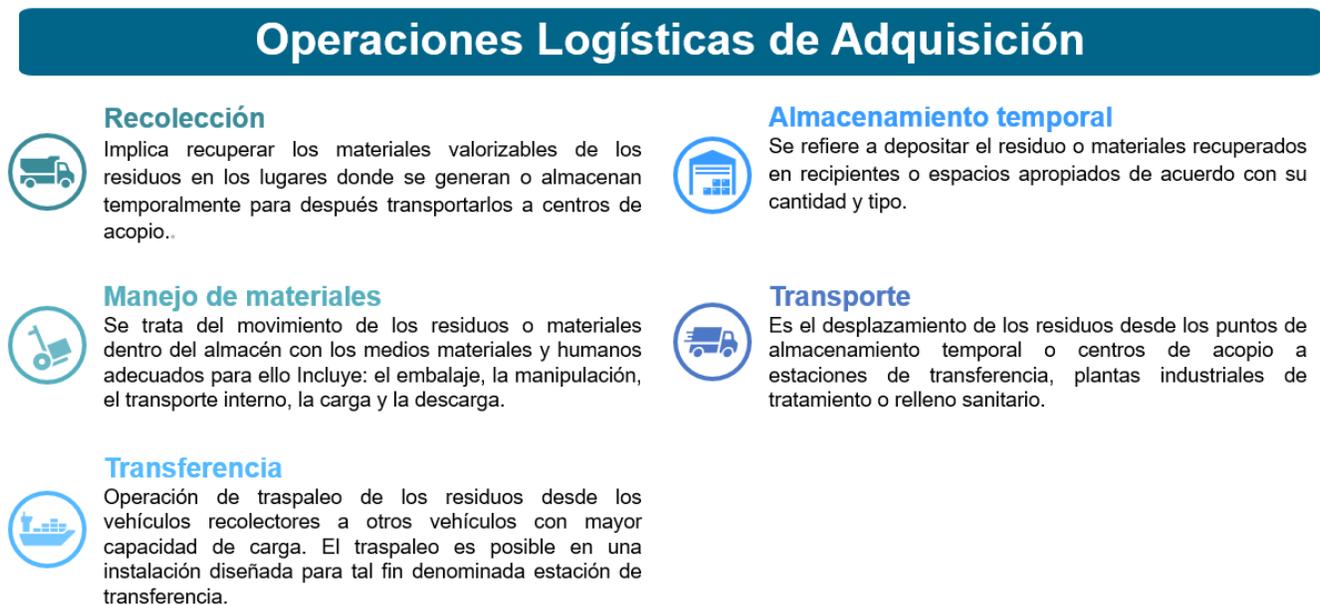


Figura 15: Operaciones logísticas de adquisición  
Fuente: Flores-Bárceñas & Sánchez-Lara, 2021

En la **Figura 16** se muestra la descripción de cada una de las OLT.

# Operaciones Logísticas de Transporte



Figura 16: Operaciones logísticas de transporte  
Fuente: Sánchez-Lara, 2019 y Flores-Bárceñas, et al., 2021.

## 2.5 Caracterización de la empresa caso de estudio

La caracterización brinda un panorama de la organización y su funcionamiento. Para lograr una caracterización completa, es necesario recopilar información sobre la estructura organizacional, procesos y procedimientos. Esto implica realizar entrevistas, cuestionarios, observaciones directas y análisis de documentos relevantes. La caracterización de la empresa en el caso de estudio es un proceso fundamental para obtener información completa sobre su composición y procesos que se realizan. Los datos obtenidos permiten identificar las OLA y las OLT que se realizan. Las instalaciones del lugar de trabajo son un aspecto esencial a tener en cuenta, en este caso se evalúa el espacio físico, los equipos, tecnologías y cualquier otro recurso necesario para el desarrollo de las actividades. Esto nos permitirá comprender el entorno en el que se llevan a cabo las operaciones y su impacto en la eficiencia y productividad de la empresa.

## 2.6 Modelos de negocio

Caracterizando las operaciones que realiza la empresa, es posible comprender su contexto, socios, canales y procesos. Con esta información, se puede definir el MN que opera la empresa. En esta sección, se describen los componentes que conforman dicho modelo. Posteriormente, se presentan las etapas para la Innovación de un Modelo de Negocio (IMN), utilizando la metodología propuesta por Gassmann (2014). Estas etapas incluyen el diagnóstico, la ideación, la integración y la implementación.

Según Osterwalder y Pigneur (2010), un MN describe las bases sobre las cuales una empresa crea, proporciona y capta valor. Para su descripción, propusieron una herramienta llamada Business Model Canvas (BMC), que se muestra en la **Figura 17**. El BMC permite describir, evaluar y cambiar de manera intuitiva un MN utilizando un lenguaje unificado (Tong, et al., 2021). El BMC está compuesto por nueve componentes:

- **Segmentos de mercado:** Se refiere al segmento específico al que se dirige la oferta de la empresa. Es vital reconocer las necesidades y deseos del público objetivo, así como monitorear constantemente su satisfacción y comportamiento.
- **Propuesta de valor:** Se refiere al factor que hace que un cliente elija una empresa sobre otra. La esencia de la propuesta de valor es solucionar un problema o satisfacer una necesidad del cliente. Este elemento puede consistir en un conjunto de productos o servicios que satisfacen los requisitos del segmento de mercado específico.
- **Canales:** Los canales de comunicación, distribución y venta establecen el contacto entre la empresa y los clientes.
- **Relaciones con los clientes:** Las empresas deben definir el tipo de relación que desean establecer con cada segmento de mercado. Esta relación puede ser personal o automatizada.
- **Fuentes de ingresos:** Se refiere al flujo de efectivo que genera una empresa en los diferentes segmentos de mercado. Las empresas deben preguntarse: "¿Por qué valor está dispuesto a pagar cada segmento de mercado?" Si se responde correctamente a esta pregunta, la empresa podrá crear una o varias fuentes de ingresos en cada segmento de mercado.
- **Recursos clave:** Los recursos son los factores tangibles (infraestructura, maquinaria, financiamiento), intangibles (marcas, patentes) y el talento humano que utiliza la organización para fabricar un producto o brindar un servicio al cliente. Los recursos son la base para la propuesta de valor al cliente.
- **Actividades clave:** Este componente destaca las actividades, acciones o procesos que realiza la organización. Comprende el conjunto de tareas o etapas que la organización debe llevar a cabo para ofrecer su oferta al cliente seleccionado. Estas actividades o procesos se apoyan en los recursos, por lo que su vinculación es fundamental.
- **Asociaciones clave:** Las empresas se asocian por diversos motivos, y estas asociaciones son cada vez más importantes para muchos modelos de negocio. Las empresas crean alianzas para optimizar sus modelos de negocio, reducir riesgos o adquirir recursos.
- **Estructura de costos:** En este componente se describen los principales costos en los que se incurre al trabajar con un MN específico. Tanto la creación y entrega de valor, como el mantenimiento de las relaciones con los clientes o la generación de ingresos, tienen un costo asociado.



Figura 17: Business Model Canvas.  
Fuente: Osterwalder & Pigneur, 2010.

Estos nueve componentes se presentan una manera ordenada y sistemática (Donneys Barney, 2021), proporcionan una visión integral y estructurada del MN de una empresa. Al comprender y analizar cada componente, es posible evaluar y mejorar el modelo existente o desarrollar uno nuevo para la innovación.

### 2.6.1 Innovación del modelo de negocio

La innovación es una característica de la gestión organizacional, esta supone la introducción de cambios en los elementos componentes, del MN, o el diseño con elementos totalmente nuevos. La IMN es una forma de innovación organizativa que se ocupa del desarrollo de nuevas configuraciones del MN en una empresa madura o la creación de modelos de negocio completamente nuevos en una empresa emergente o dentro de una nueva área de negocio de una empresa madura (Guldmann, et al., 2019), es de gran interés para los gerentes ya que se considera una fuente importante de ventaja competitiva, incluso más que la innovación de productos y servicios (De Angelis, 2018), implica cambios en torno a la arquitectura (el contenido ("qué"), la estructura ("cómo") y la gobernanza ("quién")) de una actividad empresarial (Stampfl, 2016) y se centra en encontrar nuevas formas de generar ingresos y definir propuestas de valor para clientes, proveedores y socios (Casadesus-Masanell & Zhu, 2013).

Para la IMN se retomó la técnica propuesta por Gassmann (2014), llamada Business Model Navigator (BMN), principalmente consiste en combinar los 55 patrones de MN para desarrollar la IMN. **Ver figura 18.**

1. Añadir	2. Asociación	3. AIKIDO	4. Subasta	5. Trueque	6. Cajero automático	7. Venta cruzada	8. Crowdfunding	9. Outsourcing	10. Lealtad del cliente	11. Digitalización
12. Venta directa	13. Comercio electrónico	14. Vendiendo experiencia	15. Tarifa plana	16. Fraccionar la propiedad	17. Franquicia	18. Freemium	19. De empujar a tirar	20. Disponibilidad garantizada	21. Ingresos ocultos	22. Haciendo marca a un ingrediente
23. Integrador	24. Jugador por capas	25. Aprovechar los datos del cliente	26. Licenciamiento	27. Bloqueando la salida	28. De gota en gota se llena el vaso	29. Haz más de eso	30. Personalización masiva	31. Sin lujos	32. Negocio abierto	33. Fuente abierta
34. Orquestador	35. Pago por uso	36. Paga lo que quieras	37. De igual a igual	38. Contratación basada en desempeño	39. Navaja y cuchilla	40. Rentar en lugar de comprar	41. Reparto de ingresos	42. Ingeniería inversa	43. Innovación inversa	44. Robin Hood
45. Autoservicio	46. Comprar en la tienda	47. Proveedor de soluciones	48. Suscripción	49. Supermercado	50. Apunta a los pobres	51. De basura a dinero	52. Mercado de dos vías	53. Lujo supremo	54. Diseño del usuario	55. Etiqueta blanca

Figura 18: 55 patrones de modelos de negocio.  
Retomado de: Flores Choperena, 2021.

Para esta técnica primero hay que hacer la parte analítica y creativa, que es un ciclo de diseño iterativo. Después de haber identificado el potencial y de que se haya desarrollado un primer borrador de un concepto, comienza la implementación: configuración de una organización, definición del primer piloto, identificación de usuarios y mercados principales. Como se observa en la **Figura 19**, el BMN consta de cuatro pasos los cuales son: diagnóstico, ideación, integración e implementación. Esta metodología ayuda a estructurar el camino hacia un MN innovador y sirve como guía a través del proceso de innovación.



Figura 19: Pasos de la innovación.  
Fuente: Gassmann, et al., 2014.

## 2.7 Estrategia de investigación

En la **Figura 20** describen las cuatro etapas de la estrategia de investigación.

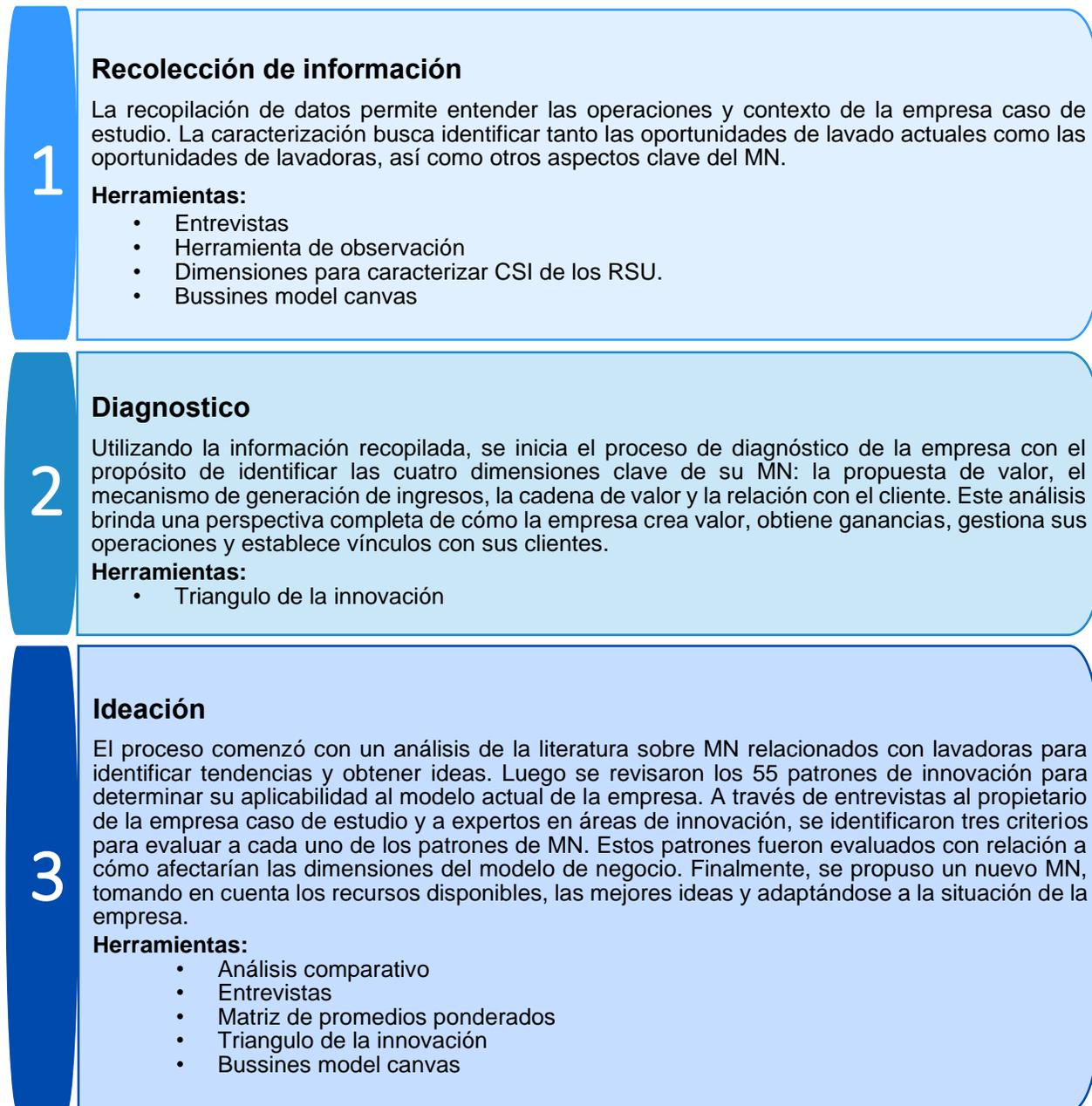


Figura 20: Estrategia de investigación

## 2.7.1 Recolección de información

### Entrevistas

La entrevista genera la posibilidad expresiva de los sujetos, les permite expresar a otros su situación desde su propia perspectiva y en sus propias palabras. Dicho proceso posibilita que el investigador pueda acceder a la interpretación del significado de los fenómenos descritos, a través de las descripciones del mundo vivido por los sujetos entrevistados (Villarreal-Puga, 2022). Con la entrevista semiestructurada, el entrevistador está preparado para ser flexible en términos del orden en que se consideran los temas y, quizás más significativamente, para permitir que el entrevistado desarrolle ideas y hable más ampliamente sobre los temas planteados por el investigador (Denscombe, 2010).

Con esto en mente se decidió hacer una entrevista semiestructurada al propietario de la empresa caso de estudio, se diseñó un guion en donde se consideraron preguntas relacionadas con los antecedentes de la empresa, los procesos y operaciones que realiza, las relaciones con clientes y socios, y las dificultades y beneficios que identifica dentro de la empresa, esto con el fin de identificar elementos que permitieran hacer un bosquejo de las distintas etapas en las que la empresa formaba parte de la CS, tratando de respetar una secuencia cronológica de las etapas.

La entrevista tuvo como objetivo:

- conocer los antecedentes de la empresa;
- la descripción del inicio de sus operaciones;
- conocer sobre sus clientes, socios y las operaciones que realiza;
- hacer una caracterización de la CSI de lavadoras;
- hacer una identificación de los aspectos de la recolección, reciclaje y recuperación para que pudieran hacer la CS circular.

El cuestionario se conformó por las siguientes secciones:

- **Datos generales de la empresa:** información sobre la historia de la empresa, el propietario y cómo ha evolucionado la empresa.
- **Caracterización de las operaciones:** información sobre las características operativas de la empresa, la descripción de su zona de trabajo, herramientas e insumos, el transporte que utiliza.
- **Datos sobre el entorno:** socios, competidores y clientes.
- **Costos y beneficios:** información sobre los costos necesarios para la operación y los beneficios económicos que obtiene.

### Herramienta de observación

Anguera (2010), menciona que la metodología observacional es sumamente flexible y adaptable a los comportamientos y a los contextos, la riqueza de información que se obtiene es altamente valorable por captar directamente de realidad que nos interesa en su transcurrir cotidiano. Denscombe (2010) menciona que la observación ofrece al investigador una forma

distinta de recopilar datos, se basa en la evidencia directa del ojo para presenciar eventos de primera mano.

La herramienta de observación consiste en proporcionar un marco de observación en el que en todas las visitas se utilizarán, y que permitirá:

- estar alerta a las mismas actividades y estar atentos a las mismas cosas;
- registrar los datos de forma sistemática y exhaustiva;
- producir datos que sean consistentes entre observadores, con dos o más investigadores que presencian el mismo evento registrando los mismos datos.

Con esto mente se elaboró una herramienta de observación sistémica para obtener información referente a la colecta, comercialización de residuos de manejo especial a fin de:

- Identificar los puntos de venta o colecta de los residuos de manejo especial.
- Caracterizar la CSI de lavadoras.
- Identificar los aspectos de la recolección, reciclaje y recuperación para que pudieran hacer la CS circular.

El instrumento de observación estuvo conformado por siguientes secciones:

- **Localización e identificación de puntos de colecta.** Obtiene información de los puntos de recolección y los residuos que recolecta.
- **Caracterización Operativa.** Obtiene información sobre las características operativas de estas del punto de coleta a partir de la observación directa de rasgos cualitativos y cuantitativos del establecimiento. El tamaño del establecimiento, consumo de mano de obra, condiciones de trabajo y requerimientos de capital son algunas de las características que se recaban.
- **Identificación de impactos a los entornos social y ambiental.** Obtiene información sobre los impactos generados por la operación de estos puntos de colecta particularmente en los ámbitos social y medio ambiental.

Un primer acercamiento con el propietario se realizó a mediados de octubre del 2021 donde se logró recolectar información general de la empresa, antecedentes y procesos, para el 20 de diciembre se logró concretar una visita a las instalaciones de la empresa y al centro de acopio el cual es proveedor de la empresa caso de estudio, esto con el fin de identificar elementos que no se mencionaron en la entrevista, tener un panorama más amplio del contexto de la organización, identificar operaciones y las condiciones de trabajo de la empresa, La información que se recolectó es un insumo para la caracterización de la CSI de lavadoras, la visita a las instalaciones de la empresa y al centro de acopio.

### **Caracterización de las Cadenas de Suministro inversas.**

Con la información recolectada se realizó la caracterización de la CSI de la empresa caso de estudio identificando algunas de las OLA y las OLT que realiza la empresa caso de estudio. Para ello se retomó la propuesta de Gómez-Maturano & Sánchez-Lara. Esta es una estructura que permite identificar, sin ser restrictivos, la naturaleza del residuo y de la CSI, los procesos realizados, además de los agentes y los canales que intervienen. La **Figura 21** muestra las dimensiones y elementos que caracterizan a las CSI. Las dimensiones y elementos se describen y explican brevemente a continuación.



Figura 21: Dimensiones para caracterizar CSI de residuos sólidos urbanos.  
Fuente: Gómez-Maturano, J. & Sánchez-Lara, B., 2018.

Con la caracterización, se logró identificar cada una de las dimensiones del BMC y se presentó un esquema para avanzar a la siguiente etapa, que consiste en el diagnóstico del MN de la empresa caso de estudio.

## 2.7.2 Diagnóstico

De la metodología utilizada para la INM propuesta por Gassmann (2014) se la primera etapa es el diagnóstico, que trata de un esfuerzo de conocimiento, en que, a partir de la información disponible, se busca encontrar criterios que permitan hacer relevantes algunos elementos y dejar otros como el trasfondo, como el medio de contraste que hace que los primeros se destaquen (Rodríguez, 2016). En esta etapa se define el MN que opera actualmente la empresa, se requiere identificar a los actores clave del mercado y las tendencias actuales (Flores Choperena, 2021). El triángulo de la innovación, descrito en el siguiente punto, es de gran ayuda para definir cuatro dimensiones acerca de cómo funciona un negocio.

Para la IMN Gassmann (2014) propone el uso del triángulo de la innovación que ayuda a definir el MN que operan las empresas actualmente, a identificar a los actores clave del mercado y las tendencias actuales. En la **Figura 22** se observa que está formado de cuatro dimensiones. Cada una de ellas permite a los empresarios e innovadores definir y describir cómo su proyecto genera y entrega valor para el cliente, a su vez, el cómo se capta valor de este.

Las dimensiones son las siguientes:

- **El cliente:** Consiste en comprender con precisión qué segmentos de clientes son relevantes para nosotros, cuáles se abordarán y cuales con su MN. Los clientes están en el corazón de cada MN.
- **La propuesta de valor:** Se trata de definir las ofertas de las empresas (productos y servicios) además de que describe cómo atiende las necesidades de sus clientes objetivo.
- **La cadena de valor:** Se refiere a los procesos y actividades que se requieren para poner en marcha la propuesta de valor.
- **El mecanismo de ganancias:** Aquí se incluyen aspectos cómo las estructuras de costos y los mecanismos de generación de ingresos, aclara qué es lo que hace que un MN sea financieramente viable.



Figura 22: Triángulo de la innovación.  
Fuente: Gassmann, 2014.

### 2.7.3 Ideación

La siguiente etapa implica la ideación, que se refiere al proceso creativo para generar un gran número de ideas de MN con el objetivo de identificar los más prometedores (Osterwalder & Pigneur, 2010). Para esto, se llevó a cabo un análisis de la literatura para identificar tendencias y patrones con el propósito de comprender el mercado. De los 55 patrones de MN identificados, se procedió a la selección de aquellos que mejor se alineaban con los criterios previamente establecidos. Luego, se confrontó el MN de la empresa caso de estudio con los patrones de MN seleccionados. Finalmente, se generaron historias o analogías que ilustraban cómo el negocio se comportaría ante cambios en una o varias dimensiones del triángulo de la innovación, con el objetivo de impulsar nuevas ideas que pudieran conducir a un MN más competitivo y rentable.

#### Análisis de la literatura

Para complementar la formulación de nuevos MN se realizó un análisis de información, el cual es un proceso que disocia los elementos primordiales de los accesorios presentes en un contenido, y además hace posible que el individuo tenga una comprensión adecuada y sea capaz de usarlo de acuerdo con sus necesidades, para que determine con facilidad su relevancia y reelabore la información transformándola en nuevo conocimiento (Peña Vera, 2011). Con el fin de generar conocimiento sobre las tendencias que ocurren referentes a los MN circulares, se realizó un análisis sobre los MN circulares para lavadoras. En el análisis se utilizaron tres criterios de búsquedas los cuales se observan en la **Figura 23**.

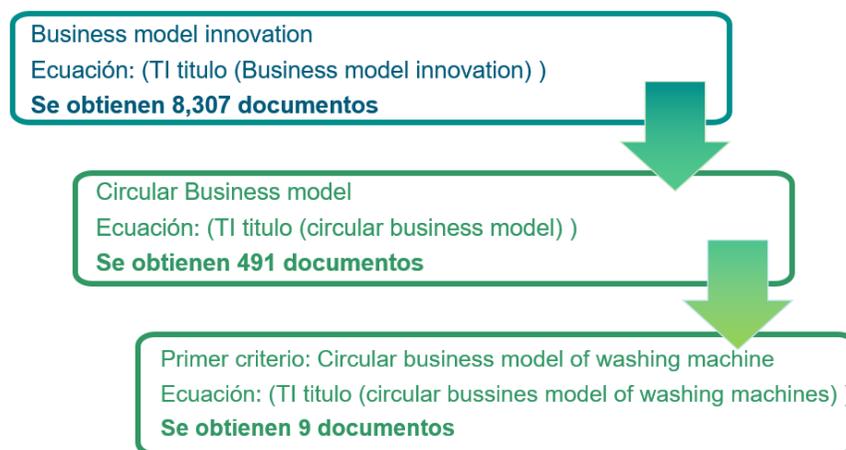


Figura 23: Criterios de búsqueda.

De esta búsqueda se seleccionaron artículos donde desarrollan tres propuestas diferentes de MN que tienen como base las lavadoras, en estos artículos se identificaron similitudes y diferencias entre ellos, que sirven para conocer las tendencias en otras regiones del mundo, los inconvenientes que encontraron en el desarrollo de NM y los criterios que seleccionaron para su formulación los artículos fueron:

- Consumer acceptance of circular business models and potential effects on economic performance: The case of washing machines (Gülserliler, et al., 2022): El artículo aborda el concepto clave de la economía circular que busca transformar la relación entre productores y consumidores. Se explora la viabilidad de cambiar de comprar a arrendar productos, centrándose en lavadoras como caso de estudio. A través de un experimento en línea, se analizan las preferencias de los consumidores para arrendar máquinas nuevas o usadas en comparación con comprar una máquina nueva. Se encuentran segmentos de mercado con diferentes preferencias basadas en factores psicológicos como el disgusto y el orgullo de ser propietario. A pesar de la demanda por arrendamiento, hay obstáculos para la transición debido a la preferencia de compra y desequilibrios en la demanda entre arrendar máquinas nuevas y usadas, lo que plantea desafíos para la viabilidad de una economía circular.
- Designing a circular business strategy: 7 years of evolution at a large washing machine manufacturer (Van Loon, et al., 2022): El artículo aborda el desarrollo de modelos de negocio circulares para un fabricante de electrodomésticos grandes. Resume un proceso de 7 años en el que se diseñó, discutió, adaptó y finalmente encontró una oferta circular potencialmente rentable. Destaca las barreras superadas en este proceso, como el desafío de cambiar de la venta de lavadoras a arrendamientos repetidos con remanufactura intermedia. Aunque se afirma que tanto fabricantes como consumidores pueden beneficiarse de la economía circular, el artículo muestra que encontrar un modelo de negocio atractivo económicamente llevó múltiples iteraciones. Además, señala que la transformación a un modelo circular implica desafíos más allá del diseño del producto, incluyendo relaciones con clientes, la logística de devolución remanufactura y contratos de servicio. Se destaca la importancia de la colaboración entre investigadores y empresas para abordar las complejidades de la transición y mejorar la investigación en economía circular.

- Circular business models of washing machines in the Netherlands: Material and climate change implications toward 2050. (Sigüenza, et al., 2021): este artículo utiliza un enfoque de modelado dinámico de evaluación del ciclo de vida para analizar las implicaciones del uso de materiales y el impacto en el cambio climático derivado de la adopción a largo plazo y posiblemente a gran escala de dos modelos de negocio circulares en el mercado neerlandés de lavadoras hasta 2050. Considera la transición energética en tres regiones: Países Bajos, Europa y el mundo. De los nueve escenarios estudiados, la adopción a gran escala y rápida del arrendamiento de productos muestra los mayores beneficios en el uso de materiales, seguido por el modelo de pago por lavado, ambos comparables a los beneficios materiales de otros modelos de negocio de acceso compartido. En términos de mitigación del cambio climático, los beneficios de los modelos de negocio circulares son superados por la influencia de una electricidad descarbonizada. Sin embargo, con una transición exitosa hacia una energía más limpia, se podría anticipar una redistribución de los impactos del cambio climático en el ciclo de vida de los electrodomésticos, pasando de la etapa de uso intensivo de energía a una igual relevancia entre las fases de uso y producción.

## Alineación

El BMC como herramienta de alineación, ayuda a comunicar a las diferentes partes interesadas en qué trabajos, dolores y ganancias de los clientes se está enfocando y explica cómo exactamente sus productos y servicios alivian los dolores y crean ganancias (Osterwalder & Pigneur, 2010). Véase **Figura 28**.



Figura 24: BMC como herramienta de alineación.  
Fuente: Osterwalder & Pigneur, 2010.

Definido el MN que opera la empresa caso de estudio, se presentó a seis diferentes expertos en las áreas de innovación y diseño de MN y al propietario de la empresa caso de estudio. A través de entrevistas semiestructuradas, se buscó recopilar información y perspectivas expertas que respaldarán la selección de los criterios que sirvieron para evaluar y escoger a los patrones de MN más idóneos. Estas entrevistas tuvieron lugar del 12 al 17 de mayo de 2023.

El cuestionario se conformó de las siguientes secciones:

- **Datos generales del entrevistado:** Se recopilaron datos como la edad, nivel de estudios, profesión y área de especialidad del entrevistado para tener un contexto completo de su experiencia y conocimientos.
- **Segmentos de mercado y propuesta de valor:** Se exploró si se identificó correctamente el perfil del cliente y si se tuvieron en cuenta las necesidades y molestias que este pueda tener. Se indagó sobre la percepción del entrevistado respecto a la propuesta de valor y su adecuación al mercado objetivo.
- **Modelo de negocios:** Se analizó si el MN cumple con la capacidad de crear la propuesta de valor con los recursos disponibles, de la mano de socios y proveedores.
- **Modelo de ingresos:** Se analizó si la propuesta tiene el potencial de generar ingresos de manera efectiva. Se revisaron los costos clave.

El perfil de los entrevistados es el siguiente:

- **Experto 1:** Maestría en Ingeniería de Sistemas - Planeación e Ingeniero Industrial. Cuenta con experiencia en diseño de experimentos para startups, validación ágil de modelos de negocio, generación de hipótesis y formulación de insights del mercado. Tiene experiencia como mentor, instructor y consultor en proyectos de base tecnológica. Cuenta con capacitación en temas de Customer Development e Innovación.
- **Experto 2:** Maestro en Ingeniería en Investigación de Operaciones e Ingeniero Civil, sus líneas de investigación son: metodología de la planeación, planeación estratégica, formulación de MN y análisis y mejora de procesos.
- **Experto 3:** Doctor en Ingeniería en Investigación de Operaciones, Maestro en Ingeniería en Planeación e Ingeniero Civil, sus líneas de investigación son: planeación participativa, análisis de decisiones y creatividad.
- **Experto 4:** Maestro en Economía e Ingeniero Industrial, tiene experiencia como consultor externo en el área financiera y posteriormente como profesor investigador. Colabora en proyectos de investigación sobre sostenibilidad y economía circular. Sus áreas de interés son sostenibilidad en economías emergentes, economía circular y modelos de negocio, además de la aplicación de la manufactura esbelta en pymes.
- **Experto 5:** Doctor y Maestro en Ingeniería de Sistemas – Planeación y Licenciado en comercio internacional. Sus líneas de investigación son de inteligencia tecnológica y planeación prospectiva tecnológica.
- **Experto 6:** Doctor y Maestro en Ingeniería Química – Proyectos, Ingeniero Químico y Licenciado en Historia. Sus líneas de investigación se orientan hacia la aplicación de metodologías de planeación, organización y calidad en las áreas industrial y comercial.
- **Propietario de la empresa caso de estudio:** Bachillerato concluido, se destaca como emprendedor y actualmente labora en una empresa de mensajería.

## Matriz de promedios ponderados

Para la presente investigación, se optó por la implementación de una matriz de promedios ponderados como herramienta de evaluación con el fin de analizar los criterios clave propuestos: viabilidad, circularidad y afinidad, en relación con los patrones de MN que podrían ser aplicables al caso de estudio. Esta elección se basa en la necesidad de llevar a cabo una evaluación estructurada y equitativa, considerando la relevancia de cada criterio en el contexto de la empresa caso de estudio.

A continuación, se presentan a los cuatro patrones de MN seleccionados, para confrontarlos con el MN actual de la empresa caso de estudio. Los patrones son: añadir, rentar en lugar de comprar, asociación y fraccionar la propiedad. Para cada patrón Gassmann, (2014) da una definición y sugerencias sobre las dimensiones que se deben de cambiar en cada modelo.

### Añadir

Consiste en que mientras que la oferta principal tiene un precio competitivo, numerosos extras aumentan el precio final. Al final, los clientes pagan más de lo previsto originalmente, pero se benefician de la selección de opciones que satisfagan sus necesidades específicas. Como se observa en la **Figura 24** la dimensiones que se cambian son: ¿Qué? Y ¿Por qué?

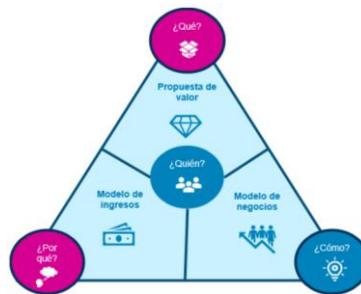


Figura 25: Dimensiones que se deben cambiar utilizando el patrón añadir  
Fuente: Gassmann, 2014.

### Rentar en lugar de comprar

La principal ventaja para los clientes es no tener que calcular los costos iniciales de adquisición de una compra directa, lo que les permite obtener productos que de otra manera no podrían pagar. El alquiler evita bloquear el capital durante largos períodos de tiempo, dejando a los clientes con más margen financiero. Como se observa en la **Figura 25** al igual que el patrón anterior, las dimensiones que se cambian son: ¿Qué? Y ¿Por qué?

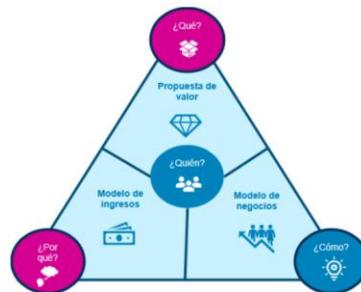


Figura 26: Dimensiones que se deben cambiar utilizando el patrón rentar en lugar de comprar.  
Fuente: Gassmann, 2014.

## Asociación

En el MN de asociación, el enfoque de la compañía radica en apoyar a otras partes para comercializar productos con el fin de beneficiarse de transacciones exitosas. Con esto, la compañía obtiene acceso a una base de clientes diversificada sin esfuerzos adicionales de ventas y marketing. Los afiliados generalmente operan sobre la base de alguna forma de sistema de pago por venta o pago por pantalla y generalmente en línea. Véase **Figura 26**.

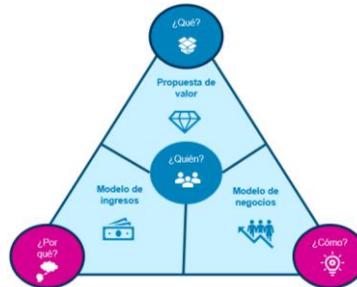


Figura 27: Dimensiones que se deben cambiar utilizando el patrón rentar en lugar de comprar.  
Fuente: Gassmann, 2014.

## Fraccionar la propiedad

En el caso de la propiedad fraccional, los clientes compran solo una parte de un activo en lugar de su totalidad. Dado que los clientes tienen que llegar a sólo una fracción del precio total. Esto les da la posibilidad de comprar productos o servicios que de otra manera no podrían pagar (¿qué?). Tal empresa se beneficia de la propiedad fraccional, dado que dividir el precio total de un objeto en acciones más pequeñas le permite llegar a un círculo más amplio de clientes potenciales y las sumas totales recibidas son mayores de lo que la venta directa habría traído (¿quién? ¿por qué?). Otra ventaja importante de la propiedad fraccional es el uso más eficiente de los activos cuando son compartidos por varios clientes en lugar de ser propiedad de uno solo (¿cómo?). Véase **Figura 27**.

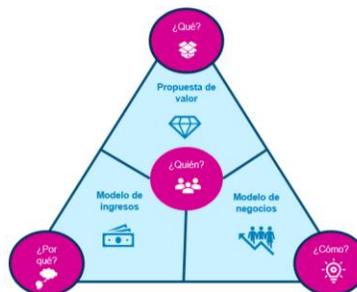


Figura 28: Dimensiones que se deben cambiar utilizando el patrón fraccionar la propiedad  
Fuente: Gassmann, 2014.

## Capítulo 3 : Innovación de un modelo de negocio circular para la empresa de lavadoras.

Este capítulo está estructurado en cinco secciones. En la primera sección, se proporciona una caracterización detallada que comprende el estado actual de la empresa caso de estudio, su contexto y las operaciones que realiza. La segunda sección está dedicada a la presentación de los resultados obtenidos tras el diagnóstico, con el propósito de determinar el MN bajo el cual opera la empresa.

La tercera sección se aborda el procedimiento de alineación del nuevo MN. Durante esta etapa, se recopilan las opiniones y observaciones de expertos en diferentes áreas, además de las perspectivas del dueño de la empresa en estudio para seleccionar a los patrones que cumplan con los criterios de los expertos y el propietario de la empresa caso de estudio. Finalmente en la cuarta sección, se presenta la propuesta del nuevo MN.

### 3.1 Contexto actual de la empresa caso de estudio

La información recolectada a través de entrevistas y visitas permitió describir en esta sección algunas de las OLA y las OLT que lleva a cabo la empresa caso de estudio, así como su contexto y el diseño del MN con el cual opera actualmente.

#### 3.1.1 Las operaciones logísticas de adquisición y transporte de la empresa caso de estudio

Salinas Martínez & Sánchez Lara, (2023) describen algunas de las OLA y OLT que se identificaron en la empresa caso de estudio, se resumen de la siguiente manera:

- **Definición y operación de los modos de transporte:** El transporte se realiza en camionetas tipo pick up con capacidad hasta de 1.5 ton., en general, son vehículos de modelos antiguos que transitan por las calles comprando diferentes residuos, entre ellos los RAEE. En la mayoría de los casos son dos personas las que realizan la compra de los residuos. **Véase Figura 29.**



Figura 29: Camioneta recolectora de residuos.

- **Recolección:** Las lavadoras recolectadas se llevan a centros de acopio donde se venden. Los centros de acopio se consideran el siguiente eslabón de la CSI.
- **Almacenamiento temporal:** En el centro de acopio, las lavadoras se almacenan temporalmente antes de ser desensambladas o vendidas a empresas como la empresa caso de estudio, que las adquiere para su reacondicionamiento y posterior venta en mercados secundarios. El desensamble realizado en los centros de acopio implica una separación selectiva de plásticos, y metales principalmente. En algunos casos, se utiliza el espacio público, como la banqueta y hasta dos carriles de la vía, para el almacenamiento en el centro de acopio. Véase la **Figura 30** y **Figura 31**.



Figura 30: Espacio para el almacenamiento de RAEE en el centro de acopio de lavadoras



Figura 31: Almacenamiento en espacio público en el centro de acopio de lavadoras.

- **Manejo de materiales:** El manejo de las lavadoras dentro del centro de acopio se realiza de forma manual. El propietario de la empresa caso de estudio es quien personalmente selecciona las lavadoras de su interés en el centro de acopio, inspeccionando su estado general, buscando que no hayan sido desarmadas

previamente y prefiriendo modelos recientes con una edad aparente de hasta 5 años. Véase la **Figura 32**.



Figura 32: Almacenamiento en espacio público en el centro de acopio.

- **Transporte:** Una vez seleccionadas y compradas, las lavadoras son transportadas al domicilio de la empresa caso de estudio, que funciona como casa habitación, taller y almacén. El transporte se realiza en camionetas tipo pick up con capacidad de carga de 3.5 toneladas. La distancia entre el centro de acopio y la empresa es de 2.4 km, lo cual indica la existencia de una CSI regional que abarca la zona metropolitana de la Ciudad de México.
- **Manejo de materiales:** La valorización de las lavadoras implica mano de obra barata para el desensamble y/o canibalización. Esto ha creado un mercado laboral y contribuye a un floreciente comercio. El desensamble es manual utilizando desarmadores, pinzas y seguetas. Se repite que el personal no utiliza quipo de protección personal. Antes del desensamble se realizan pruebas de funcionamiento que determinan si se pueden reparar o si hay piezas o componentes útiles para reparar otras. Las que se reparan se restauran y limpian antes de llevarlas al mercado. El área de trabajo es aproximadamente de 20 m<sup>2</sup>, está techada y protegida con muros de concreto. En esta área se realiza la limpieza, inspección, selección, desmontando, reúso, reciclaje, remanufactura, reparación y restauración. Véase la **Figura 33**.



Figura 33: Área de trabajo de la empresa caso de estudio.

Al igual que el centro de acopio del cual se adquieren las lavadoras, la empresa caso de estudio utiliza la vía pública para realizar sus actividades, en particular la banqueta y un carril de la vía. Véase la **Figura 34**.



Figura 34: Utilización del espacio público para la valorización de los RAEE.

Respecto a la reintegración de materiales, en el caso de que las lavadoras que no se reparan, las piezas útiles se extraen y conservan para otras lavadoras. Los materiales que se desechan, en general, son metales y plásticos. Estos también se clasifican y comercializan en centros de acopio que los adquieren.

Para la reintegración de las lavadoras se utilizan las redes sociales, se ofrecen y se hace el contacto con posibles compradores. A través de este medio se comercializan muchos otros productos. Una vez que un comprador acepta la compra se acuerda la entrega ya sea que el cliente la recoja por sus medios o que se realice la entrega a domicilio.

El flujo o movimiento de un producto, en este caso un residuo, puede ser *pull* (jalar) y *push* (empujar). Esto es, puede ser que se responda al pedido de un cliente o que se anticipe a la demanda. Para el caso de la empresa caso de estudio, con base en la

información obtenida, se puede decir que el movimiento es tipo *push*. Es decir, la demanda de las lavadoras reparadas se especula y anticipa, se sabe que existe un mercado secundario donde se demandan las lavadoras una vez reparadas.

- **Actuación de agentes logísticos:** Los agentes involucrados en la valorización de las lavadoras son los siguientes: generadores, recolectores-adquisidores, valorizadores y distribuidores. En la **Figura 35** se diagrama la secuencia respecto de su intervención en la valorización.



Figura 35: Agentes de la valorización de lavadoras

El generador compra, utiliza y desecha la lavadora. Para el caso los hogares son generadores. Los recolectores tocando puerta de puerta se hacen de las lavadoras por donación o pagando por ellos para después transportarlos hasta el centro de acopio. En el centro de acopio las lavadoras se almacenan hasta comercializarse. Para el caso, la empresa caso de estudio es el valorizador, realiza las OLA y las OLT, entre ellas, limpieza, inspección, selección, desmontado, reúso, reciclaje, remanufactura, reparación y restauración. El reintegrador, también la empresa caso de estudio, incorpora las lavadoras a mercados secundarios, para el caso hogares que compran las lavadoras por ser mucho más económicas que las nuevas. La **Tabla 7** describe algunas características de los agentes involucrados.

Actividad / Proceso	Agente	Asociación	Gestión
Generador	Hogares	Privada	
Recolector	-Empresas pequeñas dedicadas a la recolección -Empresas pequeñas o medianas dedicadas a la recaudación, valorización y almacenaje.	Privada	Informal / Formal
Valorizador	Empresas pequeñas dedicadas a los procesos de valorización	Privada	Informal
Reintegrador	Empresas pequeñas dedicadas a la venta de estos productos	Privada	Informal

Tabla 4: Agentes involucrados en la valorización de lavadoras.

Es de notar que la valorización implica la intervención de agentes públicos y privados, en este mismo sentido las organizaciones que intervienen son formales e informales considerando si están registradas como empresas.

Por otro lado, el canal de distribución es aquel que recorre las lavadoras desde la generación hasta la reintegración al mercado. Son las trayectorias constituidas por la interacción de los diferentes eslabones que constituyen la CSI de las lavadoras .

Véase la **Tabla 8**.

Canal	Esquema
Generación – Adquisición	Informal
Recaudación – Valorización	Informal
Valorización - Reintegración	Informal

Tabla 5: Canal de distribución en la valorización de las lavadoras.

Los canales de distribución son: generación – adquisición, recaudación – valorización y valorización – reintegración todas estas.

Una vez realizadas algunas de las OLA y las OLT, las lavadoras reparadas, restauradas y reacondicionadas se venden en un mercado secundario en el cual son atractivas al ser económicas y funcionales. Las OLA son relevantes para la valorización, agregan valor logístico a las lavadoras que se reintegran al mercado. Esto es, el propio flujo de los residuos por los diferentes eslabones de la CSI agrega valor sumado al valor que agregan las OLA.

La empresa caso de estudio forma parte de un modelo comercial con base en la reparación de las lavadoras, además de la recuperación y reutilización de algunos componentes. En términos de EC, el modelo comercial impulsa la optimización de los materiales y la eficiencia del sistema de producción - consumo. Además, desde la gestión de residuos, la empresa les agrega valor económico lo que permite su permanencia en cadenas productivas antes de su disposición final.

La empresa opera con un modelo de negocio rentable basado en una producción por lotes, lo que significa que el proceso no es constante, sino que se lleva a cabo en etapas específicas. A pesar de no constituir la principal fuente de ingresos del propietario, la operación se muestra económicamente favorable. Los costos incluyen la adquisición de lavadoras, que oscilan entre \$1,000 y \$1,500 pesos por unidad, así como gastos de compostura que promedian entre \$500 y \$800 pesos por lavadora. Además, se incurre en un gasto de \$200 pesos por unidad para la asistencia de un ayudante en el traslado, reparación y manipulación de las lavadoras. A pesar de estos gastos, se observa que, en términos económicos, la utilidad generada supera los costos totales. El precio de venta de una lavadora oscila entre \$3,500 y \$4,500 pesos. La capacidad de recolección semanal se estima en un promedio de 5 lavadoras por visita al centro de acopio, y estas son almacenadas por una semana en promedio antes de su comercialización.

De la caracterización presentada y la información recolectada se presenta el MN la empresa caso de estudio. Véase **Figura 36**.



Figura 36: BMC de la empresa caso de estudio.

La descripción más detallada de cada una de las dimensiones se presenta a continuación:

- **Segmentos de mercado:** Dirigido a personas que buscan una lavadora usada y funcional, son conscientes de que el equipo puede tener una vida útil menor, comparado con uno nuevo y que por cuestiones económicas no adquieren uno nuevo.
- **Propuesta de valor:** Consiste en la reparación, limpieza y reacondicionamiento de lavadoras usadas, ofreciéndolas al mercado a un precio considerablemente bajo comparado con el valor de una lavadora nueva, en buen estado físico y funcional, garantizando unos años más su funcionamiento.
- **Canales:** El contacto con los clientes es por medio de la línea telefónica o directamente por mensaje en redes sociales, principalmente Facebook.
- **Relaciones con los clientes:** La relación que maneja la empresa con sus clientes es de manera personal en donde ofrece soporte técnico, por medios telefónicos y electrónicos.
- **Fuentes de ingresos:** la primera es de recolectar de las lavadoras no funcionales, los materiales que puede comercializar con centros de acopio, estos materiales principalmente son plásticos y metales, la segunda es de la venta de las lavadoras reparadas y reacondicionadas.
- **Recursos clave:** La materia prima son las lavadoras, las herramientas para el desensamble y las redes sociales.

- **Actividades clave:** Estas actividades son el transporte, inspección, desensamble, limpieza y reparación.
- **Asociaciones clave:** Centros de acopio y recicladores.
- **Estructura de costos:** son los costos operativos como resultado de manipular, transportar, reparar y reacondicionar la lavadora.

En Salinas-Martínez & Sánchez-Lara (2022) se encuentra documentada la caracterización de la CS de la empresa caso de estudio.

### 3.2 Diagnóstico: Las cuatro dimensiones del modelo de negocio.

Con la información recopilada y la caracterización de las OLA y OLT, se presenta el diagnóstico del MN de la empresa en estudio. En este análisis, se han identificado las cuatro dimensiones clave del MN, tal como se mencionan en el triángulo de la innovación. Estas dimensiones incluyen la cadena de valor, la propuesta de valor, el mecanismo de generación de ganancias y la segmentación de clientes.

La descripción más detallada de cada una de las dimensiones se observa en **Figura 37:**

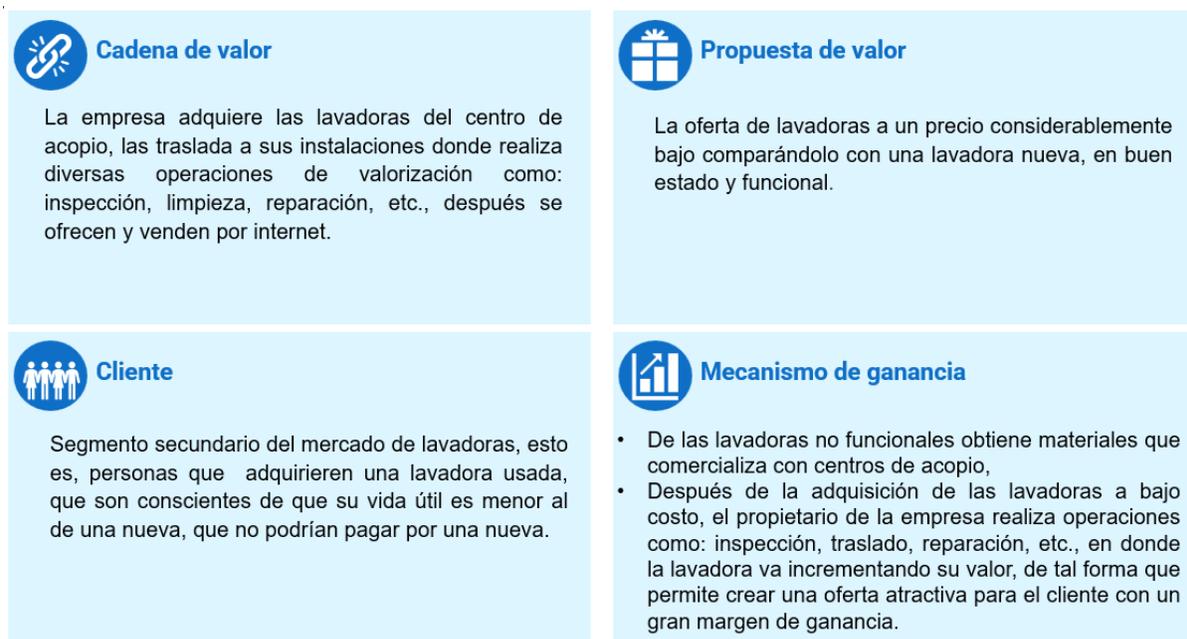


Figura 37: Dimensiones del modelo de negocio de una empresa valorizadora de lavadoras

Una vez identificadas estas cuatro dimensiones clave del MN, se procede a confrontarlas con cuatro de los 55 patrones de MN seleccionados. El objetivo de esta confrontación es utilizar estos patrones como referencia para formular un nuevo MN.

### **3.3 Ideación de un nuevo modelo de negocio circular para la empresa valorizadora de lavadoras**

#### **3.3.1 Análisis comparativo**

En el análisis comparativo se identificaron similitudes y disimilitudes entre tres MN para lavadoras documentados, también ayudo para el proceso creativo del diseño del NM analizando las tendencias en otros países. Los modelos de negocio se describen a continuación y se presenta una tabla de comparaciones.

#### **Arrendamiento de lavadoras a hogares**

El primer modelo es el arrendamiento de lavadoras nuevas y usadas descrito por Gülserliler, et al. (2022) y Van Loon, et al. (2022). En este MN una empresa dedicada a la fabricación de electrodomésticos desarrolla una oferta de arrendamiento para lavadoras en las que incluye productos nuevos como reacondicionados.

Gorenje es uno de los principales fabricantes europeos de electrodomésticos, fabrica lavadoras de tres niveles de calidad: bajo, medio y alto; son fabricadas en Eslovenia y se venden en toda Europa.

El MN se basa en el arrendamiento recurrente de lavadoras de alta gama a consumidores de diferentes segmentos, es decir, usar un modelo en cascada con un paso de refabricación entre cada arrendamiento. La lavadora que se utilizaría para el arrendamiento sería una profesional que podría remanufacturarse dos veces para que durara 15 años o tres períodos de arrendamiento de 5 años antes de reciclarse.

Para hacer viable un MN en el que los productos pasan por varios ciclos de uso, se necesita un producto duradero y de alta. La calidad del producto devuelto puede afectar la tasa de éxito de la refabricación, así como los costos de refabricación. Además, tiene un efecto positivo en los costos de recolección, transporte, almacenamiento y clasificación. La empresa propone utilizar una lavadora profesional de su cartera de productos con fines de arrendamiento ya que el modelo, aunque un poco más caro de producir, tenía un historial de calidad mucho más sólido, por lo que los costos de reparación esperados serían mucho más bajos.

En el sistema de venta, la lavadora se transporta al consumidor a cargo del fabricante. Durante el período de garantía, las reparaciones y el mantenimiento son manejados y pagados por la empresa. En el sistema de arrendamiento, el consumidor paga un depósito al inicio de cada período de arrendamiento y el fabricante asume el costo de gestión del arrendamiento y el costo de recuperación de la máquina al final del arrendamiento. Al finalizar la vida útil de la lavadora se desmantela.

El MN del arrendamiento de lavadoras a hogares se presenta en la **Figura 38**, junto con la descripción de cada una de las dimensiones.



Figura 38: MN para arrendamiento de lavadoras a hogares

- **Segmento de mercado:** Son personas que buscan ser “amables con el medio ambiente”, arrendar una lavadora usada por un tiempo determinado, en buenas condiciones y funcional, son conscientes de que pueden tener un ahorro a corto plazo y de que el equipo puede llegar a tener una vida útil de hasta 15 años.
- **Propuesta de valor:** Consiste en una lavadora la cual tenga una vida útil de 15 años o más, el cliente al arrendarla no tendrá que preocuparse por el mantenimiento, la instalación, o la disposición de esta, además es más económico rentar una a adquirir una nueva, también se le dará uso por un mayor tiempo y una disposición final a cargo de la empresa, de esta manera se ayuda al medio ambiente a reducir la extracción de materias primas del medio ambiente.
- **Canales:** El contacto con los clientes es por medio de la línea telefónica o directamente en las instalaciones de la empresa y por medio del sitio web.
- **Relaciones con los clientes:** La relación que maneja la empresa con sus clientes es de manera personal en donde ofrece soporte técnico y monitoreo del funcionamiento de la lavadora.
- **Fuentes de ingresos:** La empresa se encarga de recolectar de las lavadoras no funcionales, obtener los materiales valorizables y comercializarlos con centros de acopio, de la gestión del arrendamiento de lavadoras reparadas y reacondicionadas, financiamiento y opción de compra.
- **Recursos clave:** La materia prima de esta empresa son las lavadoras, las herramientas para el desensamble de las lavadoras, las instalaciones de trabajo, camiones, técnicos y empleados generales.
- **Actividades clave:** Estas actividades son el transporte, instalación, monitoreo, mantenimiento y soporte técnico.

- **Asociaciones clave:** Centros de acopio, recicladores y servicios de mantenimiento de lavadoras.
- **Estructura de costos:** Los costos necesarios para la operación son los costos de mantenimiento, costos operativos, salarios, los costos de transporte, costos de reparación, costos de recolección y de disposición final.

## Arrendamiento de lavadoras a empresas

En este MN se propone la fabricación de una nueva lavadora dirigida a clientes, por sus siglas en inglés, business to business (B2B) como hoteles, restaurantes, hospitales, barcos, etc. están orientados a la funcionalidad y se preocupan menos por la estética de la lavadora. Los clientes pagan la misma tarifa por tener acceso a la lavadora, que puede ser nueva o usada y remanufacturada anteriormente. Dado que la lavadora profesional de nuevo diseño sería extremadamente duradera, se propuso tener tres arrendamientos con dos operaciones de refabricación en el medio, para brindar la confiabilidad y el rendimiento requeridos en cada arrendamiento B2B posterior. La carga anteriormente alta de los costos de reparación en el programa de arrendamiento se eliminó gracias al nuevo diseño de producto resistente que casi no presenta fallas.

En el sistema de venta, la lavadora se transporta al cliente a cargo del fabricante. Durante el período de garantía, las reparaciones y el mantenimiento son manejados y pagados por el fabricante. En el sistema de arrendamiento, el consumidor paga un depósito (reembolsable) al inicio de cada período de arrendamiento y el fabricante asume el costo de gestión del arrendamiento y el costo de recuperación de la máquina al final del arrendamiento. Al finalizar la vida útil de la lavadora se desmantela. El MN se presenta en la **Figura 39**, junto con la descripción de cada una de las dimensiones.



Figura 39: MN para arrendamiento de lavadoras a empresas.

- **Segmentos de mercado:** se dirige a empresas que desean arrendar lavadoras, sin importar su apariencia, pero con la garantía de funcionamiento durante un periodo determinado.
- **Propuesta de valor:** Consiste en ofrecer lavadoras con una vida útil de 15 años o más. Los clientes que las arrienden no tienen que preocuparse por el mantenimiento, instalación o disposición de las lavadoras. Además, el arrendamiento resulta más económico que adquirir una lavadora nueva. Los equipos también cuentan con la garantía del fabricante y se espera que presenten pocas fallas, garantizando su funcionalidad.
- **Canales:** Los clientes pueden contactar a la empresa a través de la línea telefónica, visitando las instalaciones físicas o mediante el sitio web.
- **Relaciones con los clientes:** La empresa mantiene relaciones personales con los clientes, brindándoles soporte técnico y monitoreo del funcionamiento de las lavadoras arrendadas.
- **Fuentes de ingresos:** La empresa obtiene ingresos de dos fuentes. En primer lugar, se encarga de recolectar lavadoras no funcionales, extraer los materiales valorizables y comercializarlos con centros de acopio. En segundo lugar, genera ingresos a través del arrendamiento de lavadoras reparadas y reacondicionadas.
- **Recursos clave:** Los recursos clave de la empresa incluyen lavadoras como materia prima, herramientas para el desensamble, instalaciones de trabajo, camiones, técnicos y empleados en general.
- **Actividades clave:** son el transporte de las lavadoras, su instalación en los lugares designados, el monitoreo continuo de su funcionamiento, el mantenimiento regular y el soporte técnico a los clientes.
- **Asociaciones clave:** con centros de acopio, recicladores y servicios de mantenimiento de lavadoras para optimizar su CS y operaciones.
- **Estructura de costos:** incluyen el mantenimiento de las lavadoras, los costos operativos, los salarios del personal, los costos de transporte, los costos de reparación, los costos de recolección y los costos de disposición final.

## Pago por lavado

El MN descrito por Sigüenza, et al., (2021) está basado en el acceso, se trata del modelo de pago por lavado. Este modelo se caracteriza por cobrar al usuario una cuota mensual más una cuota extra por cada lavado extra dependiendo de la temperatura del agua del ciclo. En este MN, los usuarios no son dueños de la lavadora. Los interesados lavan un 20% menos y lo hacen a temperaturas más bajas. Debido al número reducido de ciclos por año y los servicios de mantenimiento incluidos, asumen que estas lavadoras pueden durar 2,5 años más que el promedio. Además, estas lavadoras pueden ahorrar hasta un 50% en el uso de detergente gracias a la característica del sistema de dosificación automática de las lavadoras, como afirman los fabricantes de lavadoras. Aunado a esto se pueden incluir servicios de reparación o el reemplazo de la lavadora defectuosa sin costos adicionales, mejorando la comodidad de los clientes.

El MN de pago por lavado se presenta en la **Figura 40**, junto con la descripción de cada una de las dimensiones.



Figura 40: MN para el pago por lavado

- **Segmentos de mercado:** va dirigido a personas que buscan ser amables con el medio ambiente ahorrando agua, energía y detergente, pero pagando por la renta y el uso de la lavadora.
- **Propuesta de valor:** consiste en arrendar una lavadora usada por un tiempo determinado en donde se pague por cada vez que la utilice, de esta manera reducen los ciclos de lavado y se puede prolongar hasta 2 años o más el promedio del funcionamiento de la lavadora, dentro de los servicios que ofrece se incluyen la reparación o cambio de lavadora por parte de la empresa.
- **Canales:** El contacto con los clientes es por medio de la línea telefónica o directamente en las instalaciones de la empresa y por medio del sitio web.
- **Relaciones con los clientes:** es de manera personal en donde ofrece soporte técnico y monitoreo del funcionamiento de la lavadora.
- **Fuentes de ingresos:** en la primera se encarga de recolectar de las lavadoras no funcionales, obtener los materiales valorizables y comercializarlos con centros de acopio, la segunda fuente de ingresos es de la gestión del arrendamiento de lavadoras reparadas y reacondicionadas.
- **Recursos clave:** La materia prima de que son las lavadoras, las herramientas para el desensamble, las instalaciones de trabajo, camiones, técnicos y empleados generales.
- **Actividades clave:** el transporte, instalación, monitoreo, mantenimiento y soporte técnico.
- **Asociaciones clave:** centros de acopio, recicladores y servicios de mantenimiento de lavadoras.

- **Estructura de costos:** costos de mantenimiento, costos operativos, salarios, los costos de transporte, costos de reparación, costos de recolección y de disposición final.

## Similitudes y diferencias

En la **Tabla 16** se presentan las similitudes y diferencias encontradas entre cada MN.

	Arrendamiento a hogares	Arrendamiento a empresas	Pago por lavado
El cliente tiene acceso al producto sin ser el propietario.	✓	✓	✓
Busca prolongar la vida útil del producto.	✓	✓	✓
Hace distinción entre modelos de lavadoras.	✓	✓	
Considera el ahorro de electricidad y agua.			✓
La empresa incluye garantía, reparación y mantenimiento.	✓	✓	✓
Toma en consideración la estética de la lavadora.	✓		✓
Cobra por cada uso de la lavadora.			✓
Cobra por mensualidad sin importar el número de veces que se utilice la lavadora.	✓	✓	
Se responsabiliza de la disposición de la lavadora al final de su vida útil.	✓	✓	✓

Tabla 6: Similitudes y diferencias entre los modelos de negocio.

En cuanto a las similitudes, todas las empresas tienen como objetivo prolongar la vida útil de las lavadoras mediante la recolección, reparación y restauración de estas. Además, generan ingresos tanto a través del arrendamiento como de la venta de materiales recuperados.

Sin embargo, existen algunas diferencias clave, una de ellas es el mercado al que se dirigen. Cada MN puede enfocarse en un segmento específico de clientes, como hogares individuales o empresas. Otra diferencia se encuentra en la propuesta de valor. En el caso de los modelos de negocio centrados en el pago por lavado, se destacan los beneficios en ahorro de agua y electricidad. Estos modelos suelen enfocarse en resaltar la eficiencia energética y la reducción de costos para los clientes.

Por otro lado, los modelos de negocio dirigidos a empresas no ponen énfasis en la estética de las lavadoras, sino en su funcionalidad. En este caso, el enfoque principal está en proporcionar equipos confiables y de alto rendimiento que puedan satisfacer las necesidades operativas de las empresas.

En resumen, aunque comparten la meta de prolongar la vida útil de las lavadoras y obtienen ingresos tanto del arrendamiento como de la venta de materiales recuperados, existen diferencias en el mercado objetivo y en la propuesta de valor. Algunos modelos se centran en beneficios de ahorro y eficiencia para los usuarios individuales, mientras que otros se enfocan en brindar equipos confiables para empresas sin importar su estética.

### 3.3.1 Alineación.

De las entrevistas realizadas a expertos, en las cuales se evaluó el diseño del MN bajo el criterio de deseabilidad, se obtuvo que, en la nueva propuesta de MN, se logró identificar correctamente el perfil del cliente, y se determinó que la propuesta de valor aborda las necesidades y preocupaciones del cliente de manera efectiva. Es importante destacar que dentro de la propuesta de valor se debe incluir una garantía del funcionamiento de las lavadoras reparadas. Sin embargo, se señaló que esta propuesta no necesariamente se limita a un único perfil de cliente; podría ser viable para otros perfiles también.

En cuanto al criterio de factibilidad, se destacaron diversos desafíos para la implementación. Una de las principales barreras es la necesidad de una adecuada organización entre los vecinos de los conjuntos habitacionales, especialmente si no se cuenta con un administrador o representante que actúe como mediador entre ellos. La cooperación y coordinación de los vecinos son fundamentales para el éxito del proyecto. Además, se planteó la resistencia al cambio por parte de algunos vecinos, así como un desconocimiento del segmento de mercado objetivo y las estrategias para llegar a ellos. Es importante tener en cuenta que cada edificio tiene características distintas, lo cual añade complejidad al proceso. Por lo tanto, el mercadeo debe ser adecuado y adaptado a estas particularidades para lograr una ejecución exitosa.

El criterio de viabilidad fue evaluado por propietario de la empresa caso de estudio en donde se obtuvo que: al ser un MN el cual requiere personas con cierto nivel de conocimiento en la reparación e instalación de lavadoras, el considera que si es un costo que afecta considerablemente los ingresos, al ser un MN muy focalizado hacia personas que viven en conjuntos habitacionales menciona que es un MN acotado y debe de tener más alcance hacia otros clientes pero menciona que es una idea innovadora y que los clientes con base a su experiencia si están dispuestos a pagar servicios adicionales como mantenimiento o instalación.

### Patrones de la innovación

Al examinar detenidamente los 55 patrones, se procedió a descartar un total de 38 de ellos. Esta decisión se basó en la identificación de que estos patrones están principalmente orientados hacia procesos de fabricación, tecnología o demandan una inversión considerable para su implementación. Los patrones excluidos se encuentran detallados en la **Tabla 7** para su referencia.

 Aikido	 Ingresos ocultos	 Negocio abierto	 Autoservicio
 Crowdfunding	 Haciendo marca a un ingrediente	 Fuente abierta	 Proveedor de soluciones
 Outsourcing	 Integrador	 Orquestador	 Suscripción
 Digitalización	 Jugador por capas	 De igual a igual	 Supermercado
 Vendiendo la experiencia	 Aprovechar los datos del cliente	 Contratación basada en el desempeño	 Mercado de dos vías

 Tarifa plana	 Licenciamiento	 Navaja y cuchilla	 Lujo supremo
 Franquicia	 Bloqueando la salida	 Reparto de ingresos	 Diseño del usuario
 Freemium	 De gota en gota se llena el vaso	 Ingeniería inversa	 Etiqueta blanca
 De empujar a tirar	 Haz más de eso	 Innovación inversa	
 Disponibilidad garantizada	 Personalización masiva	 Robin Hood	

Tabla 7: Patrones descartados

En la **Tabla 8** se muestran los patrones centrados en servicios que el modelo de negocio actual utiliza. Por lo tanto, estos patrones no serán considerados en el proceso de selección.

 Venta directa	 De basura a dinero	 Comercio electrónico
---	--	--

Tabla 8: Patrones ya implementados

### Selección de los patrones de la innovación

De los patrones propuestos por Gassmann (2014), se consideraron, a partir de una evaluación subjetiva, 14 como convenientes para el desarrollo de modelos de negocio para la empresa caso de estudio. Los patrones se presentan en la Tabla 9.

 Añadir	 Venta cruzada	 Sin lujos	 Apunta a los pobres
 Asociación	 Lealtad al cliente	 Pago por uso	 Subasta
 Paga lo que quieras	 Trueque	 Rentar en lugar de comprar	 Cajero Automático
 Fraccionar la propiedad	 Comprar en la tienda		

Tabla 9: Patrones considerados para la empresa caso de estudio.

Aunque se podrían haber desarrollado 14 diferentes versiones de modelos de negocio, se llevó a cabo un proceso de selección de los patrones de mayor pertinencia para la empresa caso de estudio. El proceso de selección es en sí mismo un proceso de evaluación para el cual se definieron criterios, elementos a valorar y una escala de valoración.

Los criterios de selección fueron 3 mismos que se describen a continuación.

- **Circularidad:** con este criterio se valoró la aportación de los patrones y de los modelos de negocio resultantes a la circularidad, especialmente respecto de la mejora en el aprovechamiento de los RAEE, al valor recuperado y a la promoción de la sostenibilidad.

- **Viabilidad:** con este criterio se valoró la aportación de los patrones y de los modelos de negocio resultantes respecto del requerimiento de recursos extraordinarios, la inversión necesaria y la identificación del cliente.
- **Afinidad:** Con este criterio se valoró de los patrones considerados y de los modelos de negocio resultantes la posibilidad de complementar y ser coherentes con el modelo con el que operan empresas como la del caso de estudio.

El criterio de circularidad se consideró para impulsar las prácticas de circularidad en la valorización de RAEE y abonar al propósito de la investigación, aunque aparentemente no es un aspecto relevante para empresas como el caso de estudio. El criterio de viabilidad se consideró por ser uno de los frecuentemente mencionados por los expertos consultados. Por su lado, el criterio de afinidad se consideró tomando en cuenta que la implementación de un nuevo modelo de negocio debe considerar las condiciones de operación de la empresa caso de estudio y de empresas similares. La relevancia de los criterios se reflejó asignando pesos o ponderaciones porcentuales, para el caso: 20% para el criterio de circularidad y 40% respectivamente para los criterios de viabilidad y afinidad.

Para cada criterio se definieron un conjunto de elementos que se valoraron para cada patrón utilizando una escala Likert. A cada elemento se le asoció una ponderación porcentual respecto del criterio considerando su relevancia. A continuación, se muestra una tabla con criterios, elementos y ponderaciones de cada elemento.

CRITERIOS	ELEMENTOS	PONDERACIÓN
CIRCULARIDAD	g1: Mejora del aprovechamiento y de la recuperación de valor del RAEE	10%
	g2: Incide en la transición de venta de productos a venta de servicios	10%
VIABILIDAD	g3: Minimiza el requerimiento de recursos extraordinarios	15%
	g4: Minimiza la inversión	15%
	g5: El cliente está plenamente identificado	10%
AFINIDAD	g6: Coherencia con el modelo con el que opera la empresa	20%
	g7: Complementa el modelo con el que opera la empresa	20%
	<b>Total</b>	<b>100%</b>

Tabla 10: Criterios y su ponderación

La valoración de los patrones considerando los criterios y elementos se realizó de acuerdo con la escala Likert que se presenta a continuación.

Escala	Definición	Valor
<b>Totalmente en desacuerdo</b>	El patrón no cumple sin lugar a duda con el criterio y el conjunto de elementos.	1
<b>Desacuerdo</b>	El patrón en lo general no cumple con el criterio, aunque algún elemento sí podría cumplir.	2
<b>De acuerdo</b>	El patrón en general sí cumple con el criterio, aunque algún elemento podría no cumplir.	3
<b>Totalmente de acuerdo</b>	El patrón cumple sin lugar a duda con el criterio y el conjunto de elementos.	4

Tabla 11: Valor y descripción de la escala

A continuación, se presenta la matriz de alternativas – criterios y la de promedios ponderados con los valores asignados. La asignación de valores implicó el desarrollo de narrativas breves

y analogías pensando en la forma que tomaría el modelo de negocio resultante de utilizar uno u otro patrón.

MATRIZ ALTERNATIVAS-CRITERIOS							
Crterios	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7
Función de pesos	10%	10%	15%	15%	10%	20%	20%
<b>ALTERNATIVAS</b>							
Añadir	4	4	2	3	3	4	4
Asociación	4	1	3	4	2	4	4
Subasta	1	1	4	4	2	4	4
Trueque	1	1	4	4	1	4	4
Cajero Automático	1	1	1	1	4	4	4
Venta cruzada	2	4	2	3	3	3	3
Lealtad al cliente	1	1	1	2	4	2	2
Fraccionar la propiedad	4	4	3	4	4	4	4
Sin lujos	1	1	2	3	1	4	3
Pago por uso	4	4	1	3	3	3	4
Paga lo que quieras	1	1	1	4	3	4	4
Rentar en lugar de comprar	4	4	3	2	4	3	3
Comprar en la tienda	1	1	1	1	1	3	2
Apunta a los pobres	1	1	4	3	4	4	1

Tabla 12:Matriz alternativas-criterios

MATRIZ DE PROMEDIOS PONDERADOS								
Crterios	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	Total
Función de pesos	10%	10%	15%	15%	10%	20%	20%	100%
<b>ALTERNATIVAS</b>								
Añadir	0.4	0.4	0.3	0.45	0.3	0.4	0.8	3.05
Asociación	0.4	0.1	0.45	0.6	0.2	0.4	0.8	2.95
Subasta	0.1	0.1	0.6	0.6	0.2	0.4	0.8	2.80
Trueque	0.1	0.1	0.6	0.6	0.1	0.4	0.8	2.70
Cajero Automático	0.1	0.1	0.15	0.15	0.4	0.4	0.8	2.10
Venta cruzada	0.2	0.4	0.3	0.45	0.3	0.3	0.6	2.55
Lealtad al cliente	0.1	0.1	0.15	0.3	0.4	0.2	0.4	1.65
<b>Fraccionar la propiedad</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.45</b>	<b>0.6</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.8</b>	<b>3.45</b>
Sin lujos	0.1	0.1	0.3	0.45	0.1	0.4	0.6	2.05
Pago por uso	0.4	0.4	0.15	0.45	0.3	0.3	0.8	2.80
Paga lo que quieras	0.1	0.1	0.15	0.6	0.3	0.4	0.8	2.45
<b>Rentar en lugar de comprar</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.45</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	<b>0.6</b>	<b>2.85</b>
Comprar en la tienda	0.1	0.1	0.15	0.15	0.1	0.3	0.4	1.30
Apunta a los pobres	0.1	0.1	0.6	0.45	0.4	0.4	0.2	2.25

Tabla 13: Matriz de promedios ponderados

La evaluación arrojó que los patrones con valores más altos fueron: 'fraccionar la propiedad', 'asociación', 'añadir' y "rentar en lugar de comprar". Se continuó con la confrontación entre el modelo de negocio con el que opera la empresa caso de estudio y los patrones seleccionados.

En esta sección se presenta a los cuatro patrones de MN seleccionados, para confrontarlos con el MN actual de la empresa caso de estudio, siguiendo las sugerencias de cambio presentadas en la Tabla #. Los patrones son: añadir, rentar en lugar de comprar, asociación y fraccionar la propiedad. Para cada patrón se presenta su descripción y la formulación de analogías de cómo se comportaría el MN a partir de la modificación de las dimensiones del MN actual.

## Añadir

El MN desarrollado bajo el enfoque del patrón "añadir" se mantiene fiel a la propuesta original, centrado en la venta de lavadoras restauradas. Sin embargo, este modelo se enriquece al incorporar servicios adicionales con un costo adicional. Estos servicios incluyen la instalación, el mantenimiento periódico y la disposición final de la lavadora al final de su vida útil. La inclusión de estos servicios complementarios tiene como objetivo fundamental proporcionar a nuestros clientes la certeza de que cualquier lavadora que adquieran estará en perfecto estado de funcionamiento.

Al optar por el servicio de mantenimiento, los clientes pueden disfrutar de una lavadora que rinda de manera óptima durante más años, evitando así la necesidad de adquirir una nueva en un plazo más prolongado. Esta propuesta busca brindar un valor añadido a nuestros clientes al ofrecerles no solo un producto de calidad, sino también la tranquilidad y la prolongación de la vida útil de su inversión.

La **Figura 41** proporciona un resumen visual del MN formulado, donde se presentan las modificaciones realizadas en las dimensiones "¿Qué?" y "¿Por qué?", utilizando el patrón de añadir.



Figura 41: Dimensiones del MN con el patrón añadir

## Rentar en lugar de comprar

La estrategia de adoptar el patrón de "rentar en lugar de comprar" implica ofrecer lavadoras restauradas en alquiler, complementadas con servicios adicionales como la instalación y el mantenimiento, los cuales estarán incorporados en el costo de la renta. Mediante este enfoque,

los clientes no necesitan invertir en la compra de una lavadora nueva, y al no ser propietarios, también se liberan de las responsabilidades de disposición final.

Este servicio está dirigido a personas que viven solas o en hogares con pocos miembros. Esta audiencia no requiere lavar ropa con frecuencia y, por lo tanto, no considera necesario comprar una lavadora. Al centrarse en las necesidades de este grupo demográfico, se atiende de manera eficiente a aquellos que valoran la conveniencia y los ahorros asociados con la renta en lugar de la adquisición.

Para brindar una visión general del MN desarrollado en torno a esta propuesta, la **Figura 42** resume las modificaciones realizadas en las dimensiones "¿Qué?", "¿Quién?" y "¿Por Qué?".



Figura 42: Dimensiones del MN con el patrón rentar en lugar de comprar.

## Asociación

Dado que la empresa se encuentra ubicada en Nezahualcóyotl, una región con una presencia significativa de negocios dedicados a la recolección de RAEE, existe una oportunidad para establecer contactos y asociaciones estratégicas con socios que se especialicen en la recolección de lavadoras, operando mediante camionetas recolectoras. Con esta colaboración directa y omitiendo la necesidad de un centro de acopio intermedio, la empresa puede adquirir lavadoras a un costo aún más reducido, lo que ampliará su margen de beneficio.

Adicionalmente, se plantea la opción de ofrecer estas lavadoras a través de la plataforma de ventas de Sears, donde cada transacción conlleva una comisión del 14%. Esta vía de comercialización permitirá llegar a clientes en todo el país, expandiendo el alcance de la empresa y sus productos.

En la **Figura 43**, se proporciona un resumen del MN formulado, en el cual se han ajustado las dimensiones "¿Qué?" y "¿Por qué?".

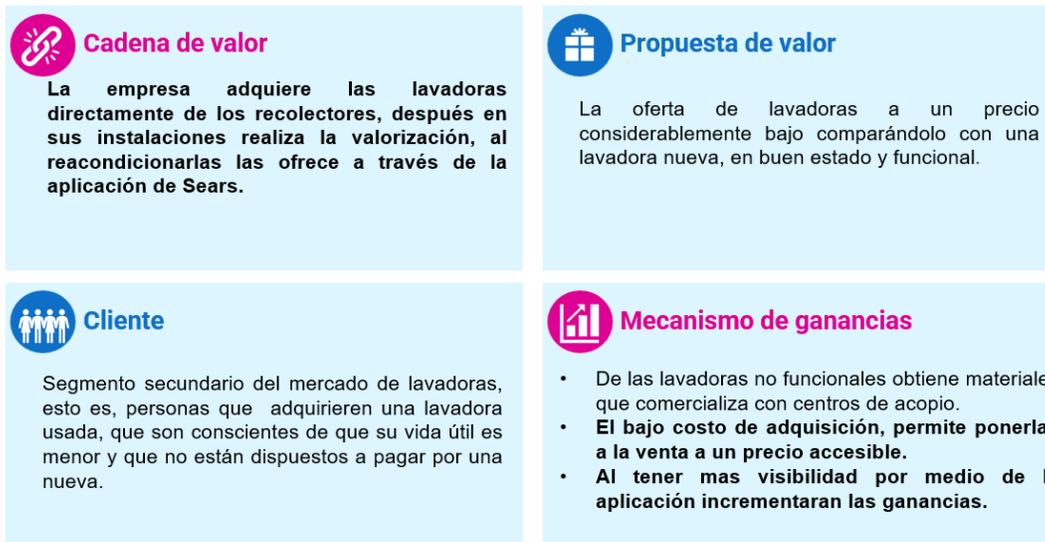


Figura 43: Dimensiones del MN con el patrón asociación.

## Fraccionar la propiedad

El MN formulado con el patrón fraccionar la propiedad, se realizó un cambio en las cuatro dimensiones del MN original, principalmente en el cambio de cliente al que va dirigida la propuesta. La cadena de valor sigue teniendo como base la valorización de las lavadoras, estas se ofrecen a conjuntos habitacionales, en donde los departamentos son tan pequeños que no pueden contar con un área de lavado propia, las lavadoras se instalan en una zona acondicionada de común acuerdo con los habitantes. Cada uno de los habitantes o familias de la unidad paga una fracción del costo de las lavadoras, su instalación, mantenimiento y disposición final. En la **Figura 44** se presentan un resumen del MN formulado, donde las cuatro dimensiones del MN de la empresa caso de estudio fueron modificadas, utilizando el patrón de MN fraccionar la propiedad.

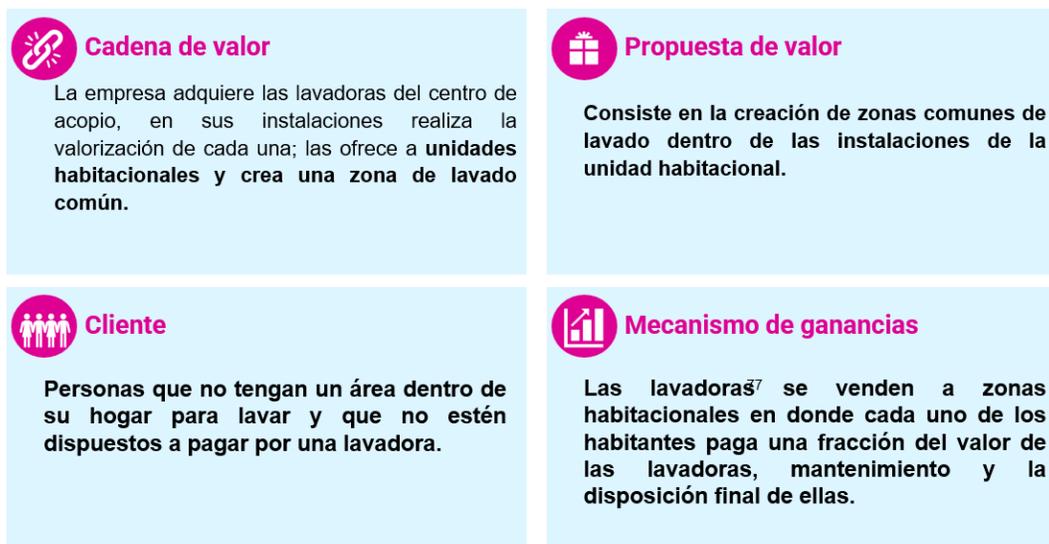


Figura 44: Dimensiones del MN con el patrón fraccionar la propiedad.

### 3.4 Innovación del modelo de negocio.

A partir del análisis comparativo, se ha evidenciado una tendencia en el mercado de lavadoras hacia el arrendamiento. Esta tendencia surge en respuesta al interés de los clientes por contribuir al cuidado del medio ambiente, así como a la disponibilidad de recursos de personas con la capacidad de invertir a largo plazo en el alquiler.

Durante el proceso de selección de patrones de MN, se descartaron aquellos que se orientaban más hacia servicios tecnológicos, implicaban procesos de fabricación o duplicaban las operaciones ya realizadas por la empresa caso de estudio. Los patrones restantes fueron evaluados y se eligieron aquellos que satisfacían los criterios preestablecidos.

Con la creación de analogías sobre el comportamiento de la empresa con diferentes patrones y la expresión del propietario sobre su objetivo de aumentar los ingresos, se presenta la siguiente propuesta de MN para lavadoras.

El MN va dirigido a familias que viven en conjuntos habitacionales, en espacios muy reducidos donde no tienen un área de lavado y no desean invertir demasiado en una lavadora. Se propone que la empresa caso de estudio continúe sus operaciones adquiriendo las lavadoras del centro de acopio en donde realiza una inspección visual tomando en cuenta aspectos como la antigüedad y el estado físico de la lavadora, después las traslada a sus instalaciones donde realiza una segunda inspección más exhaustiva de cada una de las lavadoras enfocándose en su funcionamiento principalmente, luego las restaura, repara o reacondiciona.

Se plantea que los ahora centros de lavado se pongan a la venta por medio de diferentes plataformas de internet y se promocionen mediante visitas a conjuntos habitacionales. Para ofrecer áreas de lavado, la empresa deberá asociarse con diferentes empresas, dependiendo de las características de cada edificio, para adaptar el espacio donde se instalarán las lavadoras. Estas empresas podrían especializarse en cancelería o fabricación de techos de lámina.

Dependiendo el número de habitantes, es el número de lavadoras que se venderán, por mutuo acuerdo entre la empresa y el administrador o representante de la unidad se define una zona de lavado, cada familia realizará el pago de una parte del costo total del centro de lavado, en este servicio se incluye la instalación y transporte. El mantenimiento y disposición se cobran aparte. Para la representación de la propuesta de MN se presenta en la **Figura 45** donde se resaltan los cambios que se realizaron del MN de la empresa caso de estudio y la descripción de las dimensiones que obtuvieron cambios.



Figura 45: Dimensiones del MN propuesto.

- **Segmentos de mercado:** Es dirigido a personas o familias con ingresos bajos, que vivan en vecindades o unidades habitacionales, donde su departamento es muy pequeño por lo que no tengan espacio para colocar una lavadora y no están dispuestos a pagar demasiado por una lavadora.
- **Propuesta de valor:** Consiste en proporcionar un centro de lavado, donde las familias tendrán que pagar solo por una parte del valor total. No deberá tener el equipo dentro de su hogar y tendrá una zona asignada dentro de la unidad habitacional para lavar y secar su ropa. Además, para facilitar la convivencia de los habitantes se sugerirán reglas para el uso de la lavadora y se apoyara con la calendarización de los días de lavado.
- **Fuentes de ingresos:**
  - la comercialización de materiales con centros de acopio;
  - la venta de centros de lavado;
  - el cobro por el mantenimiento;
  - el cobro por la disposición final.
- **Recursos clave:** al realizarse más actividades la mano de obra por parte de técnicos y empleados generales son esenciales.
- **Actividades clave:** La instalación no se lleva a cabo en el MN actual, pero para esta nueva propuesta es una actividad esencial.

- **Asociaciones clave:** Centros de acopio, recicladores y otras empresas valorizadoras de secadoras.
- **Estructura de costos:** los sueldos son los nuevos costos por considerar.

Finalmente, el MN propuesto se presentó al mismo conjunto de expertos y al propietario de la empresa caso de estudio en donde expresaron sus dudas e inquietudes sobre la propuesta.

Los expertos mencionaron que se logró identificar el perfil del cliente y se determinó que la propuesta de valor satisface eficazmente las necesidades y preocupaciones del cliente. Es esencial resaltar que esta propuesta de valor puede ser aplicable a múltiples perfiles de clientes, no limitándose a uno en particular. Además, se subraya la importancia de incluir una garantía para el funcionamiento de las lavadoras reparadas.

Señalaron desafíos significativos para la implementación del MN. Uno de los obstáculos principales es la necesidad de una sólida organización entre los vecinos de los conjuntos habitacionales, especialmente en ausencia de un administrador o representante que facilite la comunicación. La cooperación y coordinación de los vecinos son esenciales para el éxito del proyecto. Además, se destacó la resistencia al cambio por parte de algunos vecinos y la falta de conocimiento sobre el segmento de mercado objetivo y las estrategias de alcance. La diversidad de características en cada edificio añade complejidad, lo que exige una adaptación adecuada en las estrategias de marketing.

La evaluación de viabilidad realizada por el propietario de la empresa caso de estudio menciona que el MN requiere personal con conocimientos específicos en reparación e instalación de lavadoras, el propietario considera que este es un costo que impacta significativamente los ingresos. A pesar de que el MN está dirigido principalmente a personas que residen en conjuntos habitacionales, se reconoce la importancia de ampliar el alcance hacia otros segmentos de clientes. El propietario enfatizó que esta es una idea innovadora y que los clientes, basándose en su experiencia, están dispuestos a pagar por servicios adicionales, como mantenimiento o instalación.

## Capítulo 4 Conclusiones

En el marco de esta investigación, se ha alcanzado el objetivo propuesto de diseñar un nuevo modelo de negocio para la empresa caso de estudio. Este modelo se distingue por su enfoque central en la recuperación del valor de las lavadoras. La propuesta se ha concebido con la finalidad de maximizar la recuperación económica de estos electrodomésticos, proponiendo su comercialización en lotes. Además, esta iniciativa demuestra un compromiso con la economía circular y la sostenibilidad, al prolongar la vida útil de las lavadoras y reducir el impacto ambiental asociado con su desecho.

Las herramientas estratégicas empleadas, tales como el triángulo de la innovación, el lienzo canvas y los 55 patrones de MN, jugaron un papel fundamental en el diseño del nuevo MN. Estos recursos permitieron la modificación de aspectos clave del MN actual, destacando la redefinición del segmento de mercado y la propuesta de valor. En esta nueva concepción, se ampliaron significativamente los beneficios ofrecidos al cliente. Ahora, no solo se satisface la necesidad de adquirir una lavadora, sino que se presenta un concepto integral para el lavado de ropa, abarcando múltiples usuarios.

Con la nueva propuesta del MN, se puede mejorar el aprovechamiento y el valor recuperado de las lavadoras, al eliminar la necesidad de un pago único grande, se incrementa la capacidad adquisitiva de los clientes y se les brinda la oportunidad de adquirir los electrodomésticos sin comprometer su presupuesto. Al ampliar el mercado y facilitar la adquisición de las lavadoras, es probable obtener un mayor valor por cada unidad, lo que puede generar un mejor margen de ganancia y aumentar el valor general del negocio.

El MN propuesto obtuvo una respuesta positiva por parte de los expertos en lo que respecta a su diseño. Sin embargo, surgen inquietudes respecto a su potencial rentabilidad y sostenibilidad. La ausencia de evidencia en cuanto a su funcionalidad representa un área de incertidumbre. Es crucial reconocer que, a pesar de su innovación y orientación hacia una experiencia más completa para el cliente, el éxito a largo plazo del MN propuesto aún se encuentra en una etapa de evaluación.

El marco conceptual utilizado demostró ser relevante y adecuado para guiar el estudio sobre la valorización de los RAEE y su integración en la EC. Este marco permitió establecer la conexión entre la empresa caso de estudio y la CS, y explorar cómo la CSI de los RAEE se alinea con los principios de la EC. Además, se describió y contextualizó la valorización de los RAEE, junto con las OLA y OLT. La caracterización detallada de la empresa caso de estudio proporcionó una comprensión específica del contexto en el que se desarrolló la investigación.

El marco metodológico utilizado en esta investigación, basado en la ciencia del diseño, proporcionó una estructura sólida y coherente para el desarrollo y la evaluación de la propuesta de MN para empresas valorizadoras de RAEE.

Con la estrategia de investigación empleada, se logró recolectar la información necesaria para comprender el contexto de la empresa caso de estudio, identificar su MN existente y diseñar uno nuevo que cumpliera con los objetivos de la EC al preservar el capital natural, optimizar recursos y maximizar su utilización. Mediante el proceso de alineación, se identificaron áreas de oportunidad y mejora en el nuevo MN.

La empresa caso de estudio puede considerarse como parte de una CSI al fungir como un eslabón de valorización el cual tiene como base la reparación de las lavadoras para así evitar que lleguen a rellenos sanitarios y prolongando la vida útil de las lavadoras, con la metodología utilizada se logró identificar a las OLA y OLT realiza la empresa y así identificar el valor monetario que se genera.

El MN propuesto no es replicable para cualquier tipo de RAEE, debido a las diferentes características y usos de estos dispositivos. Sin embargo, se identificó que puede ser replicable para equipos de gran tamaño, como secadoras de ropa, impresoras y refrigeradores, entre otros. Estos equipos pueden ser utilizados de manera comunitaria, lo que ofrece una oportunidad para aplicar el modelo propuesto.

Con la planeación sistémica se abordan problemas y desafíos desde una perspectiva integral. Al identificar y comprender las relaciones causales y las interdependencias dentro de un sistema complejo, permite tomar en cuenta las múltiples perspectivas y considerar los diferentes actores y factores que influyen en el problema, se promueve una visión más completa y una toma de decisiones más informada.

Sin embargo, es importante reconocer que la planeación sistémica puede requerir más tiempo, recursos y habilidades en comparación con enfoques más tradicionales. La recopilación y análisis de datos complejos, la identificación de las interrelaciones entre los elementos del sistema y la gestión de múltiples perspectivas pueden representar desafíos adicionales.

Sobre el trabajo futuro se sugiere la continuación de la investigación para evaluar la efectividad del nuevo modelo de negocio en la práctica y realizar ajustes según sea necesario.

## 5. Referencias

- Abdelbasir, S. M., El-Sheltawy, C. T., & Abdo, D. M. (2018). Green Processes for Electronic Waste Recycling: A Review. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 4, 295–311. doi:<https://doi.org/10.1007/s40831-018-0175-3>
- ACRR, L. A. (25 de Noviembre de 2010). *La gestión de aparatos eléctricos y electrónicos*. (J.-P. Hannequart, Ed.) Recuperado el 4 de Enero de 2022, de Plataforma Regional de Residuos Electrónicos en Latinoamérica y el Caribe RELAC: <http://www.residuoselectronicos.net/?p=1422>
- Anguera, M. (2010). Posibilidades y relevancia de la observación sistemática por el profesional de la psicología. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 122-130. Obtenido de <https://www.papelesdelpsicologo.es/resumen?pii=1802>
- Baldé, C. P. (2017). *The Global E-waste Monitor 2017, Quantities, Flows, and Resources*. United Nations, University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna. Recuperado el 17 de Noviembre de 2020, de [http://collections.unu.edu/eserv/UNU:6341/Global-E-waste\\_Monitor\\_2017\\_\\_electronic\\_single\\_pages\\_.pdf](http://collections.unu.edu/eserv/UNU:6341/Global-E-waste_Monitor_2017__electronic_single_pages_.pdf)
- BBC, N. M. (2019 de Enero de 2019). <https://www.bbc.com/>. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-47032919>
- Bocken, N., De Pauw, I., Bakker, C., & Van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 60(19), 308-320. doi:<https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- Bracquené, E., Peeters, J., Alfieri, F., Sanfélix, J., Dufloy, J., Dewulf, W., & Cordella, M. (2021). Analysis of evaluation systems for product repairability: A case study for washing machines. *Journal of Cleaner Production*, Volume 281. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620351660>
- Caribe, U. M. (2010). *Los residuos electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe*. Montevideo, Uruguay. Recuperado el 31 de Diciembre de 2021, de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000190020>
- Casadesus-Masanell, R., & Zhu, F. (2013). Business model innovation and competitive imitation: the case of sponsor-based business models. *Strategic Management Journal*, 34(4), 464–482. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/23471019>
- Chopra, S. (2019). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*. (6th Edition ed.). Pearson HispanoAmerica Contenido. Obtenido de <https://bookshelf-ref.vitalsource.com/books/9786073250672>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*. (Tercera edición ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Chukwunonye Ezeah, J. A. (22 de Julio de 2013). Review Emerging trends in informal sector recycling in developing and transition countries. *Elsevier Ltd*.

- Clerc, J., Pereira, A. M., Alfaro, C., & Yunis, C. (2021). Economía circular y valorización de metales: residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. *Medio Ambiente y Desarrollo*, 171.
- Contreras Nuño, J. G. (29 de Septiembre-Diciembre de 2015). Mario Molina y la saga del ozono: ejemplo de vinculación ciencia-sociedad. *Andamios*, 32. Recuperado el 29 de Noviembre de 2021
- De Angelis, R. (2018). *Business Models in the Circular Economy*. Exeter, UK: Palgrave Macmillan. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-319-75127-6>
- Denscombe, M. (2010). *The Good Research Guide. For small-scale social research projects* (Vol. fourth edition). England: McGraw-Hill Education.
- DOF. (1988). *Ley general de equilibrio ecológico y la protección al medio ambiente*. México. Recuperado el 29 de Noviembre de 2021
- DOF. (2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos*. México. Recuperado el 24 de Noviembre de 2021, de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=688657&fecha=08/10/2003](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=688657&fecha=08/10/2003)
- Donneys Barney, C. (2021). Redefinición de la propuesta de valor para una empresa de comercio minorista. *Universitat Politècnica de València*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/173759>
- Dwivedy, M., & Mittal, R. (2012). An investigation into e-waste flows in India. *Journal of Cleaner Production*, 37, 229-242. doi:10.1016/j.jclepro.2012.07.017
- Dziak, M. (2022). Focus group. *Salem Press Encyclopedia*.
- El universal. (6 de Agosto de 2019). *El universal*. Recuperado el 31 de Diciembre de 2021, de <https://www.eluniversal.com.mx/techbit/tu-viejo-celular-ya-no-sirve-o-lo-vas-cambiar-reciclarlo>
- Excélsior. (22 de Mayo de 2017). *Se multan camionetas de fierro viejo que compren*. Obtenido de <https://www.atraccion360.com/sanciones-y-multas-camionetas-de-fierro-viejo>
- Farooque, M., Zhang, A., Thurer, M., Qu, T., & Huising, D. (2019). Circular supply chain management: A definition and structured literature review. *Journal of Cleaner Production*, 228, 882-900. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/332690616\\_Circular\\_supply\\_chain\\_management\\_A\\_definition\\_and\\_structured\\_literature\\_review/citations](https://www.researchgate.net/publication/332690616_Circular_supply_chain_management_A_definition_and_structured_literature_review/citations)
- Fernandes Andrade, D., Castro, J. P., Garcia, J. A., Cardoso Machado, R., Rodrigues Pereira-Filho, E., & Amarasiri, D. (2022). Analytical and reclamation technologies for identification and recycling of precious materials from waste computer and mobile phones. *Chemosphere*, 286. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131739>.
- Fernández Protomastro, G. (2013). *Minería urbana y la gestión de los recursos electrónicos*. (1 ed.). Bueno Aires, Argentina: Grupo Uno. Recuperado el 28 de Diciembre de 2021, de <https://sigraee.files.wordpress.com/2013/10/libro-raee-completo.pdf>

- Flores Choperena, O. (2021). *"Innovación en el modelo de negocio "* Manuscrito inédito. Archivos personales del autor. (Primera Edición ed.). Mexico. Obtenido de <https://sites.google.com/startuppath.mx/startup-path/recursos?authuser=0>
- Flores Choperena, O. (2022). *Validación ágil de modelos de negocio. Manuscrito inédito. Archivos personales del autor.* (Primera Edición ed.). México: StartUp Path S.A.S de C.V. Obtenido de Startuppath: <https://sites.google.com/startuppath.mx/startup-path/inicio?authuser=0>
- Flores-Bárceñas, Ó., & Sánchez-Lara, B. (2021). Caracterización de la cadena de suministro inversa de residuos metálicos: el caso de una empresa eslabón que los valoriza. *Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro (CiLOG)*.
- Forti, V., Baldé, C. P., & Kueh, R. (2020). *Observatorio mundial de los residuos electrónicos 2020: Cantidades, flujos y potencial de la economía circular.* Universidad de las Naciones Unidas (UNU)/Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones (UNITAR) – coorganizadores del programa SCYCLE, Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y Asociación Internacional de Residuos, Bonn/Ginebra/Rotterdam.
- Gassmann, O., Frankenberger, K., & Csik, M. (2014). *The Business Model Navigator.* Edinburgh Gate, United Kingdom: Pearson Education Limited.
- Gestores de residuos. (5 de Febrero de 2018). *Gestores de residuos.* Recuperado el 29 de Noviembre de 2021, de <https://gestoresderesiduos.org/noticias/residuos-electronicos-la-plaga-del-siglo-xxi>
- Gnoni, M. G., Mossa, G., & Mummol, G. (2017). Supporting Circular Economy through Use-Based Business Models: The Washing Machines Case. *Procedia CIRP*, 64, 49-54. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.018>.
- Gómez-Maturano, J., & Sánchez-Lara, B. (2018). Procedimiento para caracterizar Cadenas de Suministro Inversas que valorizan Residuos Sólidos Urbanos. *Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro (CiLOG)*.
- Greenpeace, M. (1 de Julio de 2021). <https://www.greenpeace.org/>. Obtenido de <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/10571/que-hacemos-con-la-basura-electronica/>
- Guldmann, E., Bocken, N., & Bre, H. (2019). A Design Thinking Framework for Circular Business Model Innovation. *Journal of Business Models*, 7(1), 39-70.
- Gülserliler, E., Blackburn, J., & Van Wassenhove, L. (2022). Consumer acceptance of circular business models and potential effects on economic performance: The case of washing machines. *Journal of Industrial Ecology*, 26, 509-521. doi:<https://doi.org/10.1111/jiec.13202>
- Hernández González, M., Sánchez Lara, B., Elizondo Cortes, M., & Diego Villegas, L. F. (2020). Prácticas circulares en cadenas de suministro industriales: oportunidades y desafíos. *Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro (CiLOG)*.

- Huda, N., & Islam, M. T. (2018). Reverse logistics and closed-loop supply chain of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)/E-waste: A comprehensive literature review. *Resources, Conservation and Recycling*, 137, 48-75. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.05.026>.
- INEGI. (2019). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. Recuperado el 2021 de Noviembre de 28
- INEGI. (19 de noviembre de 2020). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2020, Información para la actualización e incorporación de unidades económicas al DENU; datos a noviembre de 2020*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/587/study-description>
- Jacques Clerc, A. M. (2021). *“Economía circular y valorización de metales: residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago. Recuperado el 5 de Enero de 2022, de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47429/1/S2100496\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47429/1/S2100496_es.pdf)
- Jain, V., Kumar, S., Mostofi, A., & Momeni, M. A. (2022). Sustainability performance evaluation of the E-waste closed-loop supply chain with the SCOR model. *Waste Management*, 144, 36-47. Recuperado el 05 de 10 de 2022, de <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.05.010>.
- Kenji, M. (2022). Optimal timing of acquisition price announcement for used products in a dual-recycling channel reverse supply chain. *European Journal of Operational Research*, 615-632. Recuperado el 25 de 08 de 2022, de <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.08.010>.
- Lauren Joseph, J. P. (29 de Octubre de 2018). Tapping the economic value of e-waste. *Chinadaily*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2021, de <https://global.chinadaily.com.cn/a/201810/29/WS5bd64e5aa310eff3032850ac.html>
- Lerwen, L., & Ramakrishna, S. (Edits.). (2021). *An Introduction to Circular Economy*. Springer. doi:978-981-15-8509-8
- Levänen, J., Lyytinen, T., & Gatica, S. (2018). Modelling the Interplay Between Institutions and Circular Economy Business Models: A Case Study of Battery Recycling in Finland and Chile. *Ecological Economics*, 154, 373-382. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.08.018>.
- López-Prada, J. (2010). Tesis. Incorporación de logística inversa en la cadena de suministro y su influencia en la estructura organizativa de las empresas. *Universidad de Barcelona*. Obtenido de [https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1493/03.JLP\\_3de10.pdf;sequence=4](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1493/03.JLP_3de10.pdf;sequence=4)
- Mangalini, F., Ruediger, K., & Baldé, C. (2015). *eWaste in Latin America*. GSMA, UNU Institute for the Advanced Study of Sustainability. Recuperado el 17 de Noviembre de 2021, de <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/11/gsma-unu-ewaste2015-eng.pdf>

- March, S., & Smith, G. (1995). Design and natural science research on information technology. *Decision Support Systems*, 15(4), 251-266. doi:[https://doi.org/10.1016/0167-9236\(94\)00041-2](https://doi.org/10.1016/0167-9236(94)00041-2).
- Marco, F., Loguzzo, H., & Fedi, J. L. (2016). *Gestión y Administración en las organizaciones : introducción* (Segunda ed.). Universidad Nacional Arturo Jauretche. Obtenido de <https://biblioteca.unaj.edu.ar/wp-content/uploads/sites/8/2017/02/Introduccion-gestion-y-administracion-organizaciones.pdf>
- Medina Toribio, E. (2019). Balance de costos y análisis de riesgos de transporte en un eslabón de una cadena de suministro inversa de aceite comestible usado. *Tesis de maestría Universidad Nacional Autónoma de México*. (TESISUNAM, Recopilador) México. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2019/noviembre/0797595/Index.html>
- Moguel, R., & J., G. (2007). *Diagnóstico sobre la generación de residuos electrónicos en México*. INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo, México. Recuperado el 28 de Noviembre de 2021
- Osterwalder , A., & Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation*. Deusto.
- Otoni, M., Dias, P., & Xavier, L. H. (2020). A circular approach to the e-waste valorization through urban mining in Rio de Janeiro. *Journal of Cleaner Production*, 261. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120990>.
- Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión. (2003). *Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2021, de <https://www.boe.es/doue/2003/037/L00024-00039.pdf>
- Peña Vera, T. (2011). *Organización y representación del conocimiento. Incidencia de las tecnologías de información y comunicación*. Buenos Aires: Alfagrama.
- PROFECO. (2021). *Economía circular en materia de telecomunicaciones*. México. Recuperado el 30 de Diciembre de 2021, de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/661044/ECONOMIA\\_CIRCULAR\\_EN\\_MATERIA\\_DE\\_TELECOMUNICACIONES.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/661044/ECONOMIA_CIRCULAR_EN_MATERIA_DE_TELECOMUNICACIONES.pdf)
- PROFECO, P. F. (2021). *Recicla tus dispositivos*. México. Obtenido de <https://www.gob.mx/profeco/es/articulos/recicla-tus-dispositivos?idiom=es>
- Ramón Toniut, H. (2022). El uso del modelo de negocio para la innovación empresarial: Aportes de los principales autores. *Palermo Bussines Review*, 139-156.
- Rodriguez, D. (2016). *Diagnóstico organizacional* (Octava ed.). México: Alfaomega.
- Salinas Martínez, M., & Sánchez Lara, B. (2023). Caracterización de las operaciones logísticas de adquisición de residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. En C. C. Acosta Quintana (Ed.), *ALLY SHORING: Negocios Internacionales 4.0* (págs. 167-183). ITSON. Obtenido de [https://www.itson.mx/publicaciones/Documents/ingytec/ALLY%20SHORING\\_Negocios%20Internacionales.pdf](https://www.itson.mx/publicaciones/Documents/ingytec/ALLY%20SHORING_Negocios%20Internacionales.pdf)

- Sánchez-Lara , B. (2019). *Operaciones Logísticas de Transporte*. Facultad de Ingeniería, UNAM, Departamento de Ingeniería de Sistemas,.
- SCB, S. d. (1989). *Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación*. Basilea. Recuperado el 24 de Noviembre de 2021, de <http://www.basel.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/1275/Default.aspx>
- SCE, S. d. (2001). *Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP)*. Estocolmo. Recuperado el 24 de 11 de 2021, de <http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx>
- SEDEMA, S. D. (2015). *NORMA AMBIENTAL PARA EL DISTRITO FEDERAL NADF-024-AMBT-2013, QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BAJO LOS CUALES SE DEBERÁ REALIZAR LA SEPARACIÓN, CLASIFICACIÓN, RECOLECCIÓN SELECTIVA Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS DEL DISTRITO FEDER*. México. Recuperado el 17 de Noviembre de 2021, de <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/nadf24/images/infografias/NADF-024-AMBT-2013.pdf>
- SEMARNAT. (2015). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde., México. Recuperado el 2021 de Noviembre de 2021, de [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15\\_completo.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Informe15_completo.pdf)
- SEMARNAT. (2017). *Caracterización de la industria formal e informal del reciclaje de residuos electrónicos en México*. México. Recuperado el 29 de Noviembre de 2021
- SEMARNAT. (2017). *Inventario de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en México. Escala nacional y estatal para Jalisco, Baja California, y Ciudad de México*. Proyecto #92723 "Manejo Ambientalmente Adecuado de Residuos con Contaminantes Orgánicos, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, México.
- SEMARNAT. (2018). *Buenas prácticas para el manejo integral y ambientalmente adecuado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos: Generación*. México. Recuperado el 29 de Noviembre de 2021
- SEMARNAT. (2018). *Buenas prácticas para el manejo integral y ambientalmente adecuado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos: Recolección y Transporte. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*,. México. Recuperado el 2021 de Noviembre de 2021
- SEMARNAT. (2020). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. México. Recuperado el 2021 de 11 de 26
- SEMARNAT, S. d. (2017). *Inventario de generación de residuos electrónicos en México. Escala nacional y estatal para Jalisco, Baja California, y Ciudad de México. Resumen ejecutivo extendido. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Proyecto #92723 "Manejo Ambientalm*. México. Recuperado el 17 de Noviembre de 2021, de

[https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/resumen\\_ejecutivo\\_inventario\\_raee\\_final\\_1.pdf](https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/resumen_ejecutivo_inventario_raee_final_1.pdf)

- SEMARNAT; PNU. (2017). *Caracterización de la industria formal e informal del reciclaje de residuos electrónicos en México. Proyecto #92723 "Manejo Ambientalmente Adecuado de Residuos con Contaminantes Orgánicos Persistentes"*. México. Recuperado el 29 de Noviembre de 2021
- Sigüenza, C. P., Cucurachi, S., & Tukker, A. (2021). Circular business models of washing machines in the Netherlands: Material and climate change implications toward 2050. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 1084-1098. doi:<https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.011>.
- Silva, U. (Diciembre de 2020). *Guía para Comunicadores y Periodistas. Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)*. Obtenido de Fundación Chile (FCH): <https://fch.cl/wp-content/uploads/2020/10/guia-para-comunicadores-y-periodistas-residuos-aparatos-electricos-y-electronicos.pdf>
- Stampfl, G. (2016). *The Process of Business Model Innovation*. Vienna, Austria: Springer Gabler. doi:10.1007/978-3-658-11266-0
- Tec-Check, García, F., & Manske, J. (2020). *Consumo sustentable y reciclaje de residuos electrónicos: México y Alemania*. Bonn. Recuperado el 28 de Noviembre de 2021, de <https://iki-alliance.mx/consumo-sustenable-y-reciclaje-de-residuos-electronicos-en-mexico-y-alemania/>
- The Ellen MacArthur Foundation. (2017). *Ellen MacArthur Foundation*. Recuperado el 2022, de Economía Circular: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto>
- Tong, Z., Wang, J., Fei, E., & Duan, W. (2021). Analysis of the Business Model of the Rural Energy Internet Platform. *11th International Conference on Power and Energy Systems (ICPES)*, 823-826. doi:10.1109/ICPES53652.2021.9683937
- Torres, D., Devia, L., Cuevas, A., Herbeck, E., Kern, M., Rovira, S., . . . Rivero Basiniani, I. (2015). *Gestión Sostenible de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en América Latina*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2021, de [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjJ0b\\_B0rr0AhXIk2oFHZ8kDLAQFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.itu.int%2Fdms\\_pub%2Fitu-t%2Foth%2F0b%2F11%2FT0B110000273301PDFS.pdf&usg=AOvVaw3E8\\_QYU1qbt\\_H24NmGeELu](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjJ0b_B0rr0AhXIk2oFHZ8kDLAQFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.itu.int%2Fdms_pub%2Fitu-t%2Foth%2F0b%2F11%2FT0B110000273301PDFS.pdf&usg=AOvVaw3E8_QYU1qbt_H24NmGeELu)
- UCNA, U. C., & GEAM, G. A. (2018). *Reciclaje de electrónicos. Situación de los desechos de aparatos electrónicos obsoletos en Paraguay y la gestión para el reúso, recolección selectiva, tratamiento, recuperación de residuos y destino final con minimización de pasivos ambientales*. Asunción, Paraguay. Recuperado el 29 de Noviembre de 2021
- UNESCO Montevideo, O. R. (2010). *Los residuos electrónicos: Un desafío para la Sociedad del Conocimiento en América Latina y el Caribe*. Montevideo, Uruguay. Recuperado el 31 de Diciembre de 2021, de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000190020>

- Van Loon, P., Van Wassenhove, L. N., & Mihelic, A. (2022). Designing a circular business strategy: 7 years of evolution at a large washing machine manufacturer. *Business Strategy and the Environment*, 31, 1030-1041. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/bse.2933>
- Villarreal-Puga, J. &. (2022). Aplicación de Entrevistas Semiestructuradas en Distintas Modalidades Durante el Contexto de la Pandemia. *Revista Científica Hallazgos21*, 7(1), 52-60.
- Wong, A. M. (2022). Valued waste/wasted value: Waste, value and the labour process in electronic waste recycling in Singapore and Malaysia. *Geography Compass*, 16. doi:<https://doi.org/10.1111/gec3.12616>
- World Economic Forum. (2019). *A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot*. The Platform for Accelerating the Circular Economy (PACE), Cologny/Geneva.
- Ya-ping, C. (2012). Cost and Benefit Analysis of Reverse Logistics. *Second International Conference on Business Computing and Global Informatization*. doi:10.1109/BCGIN.2012.26
- Zavala Aznar, G. (2014). *Industria electrónica*. ProMéxico, Ciudad de México. Recuperado el 17 de Noviembre de 2021, de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/76339/141216\\_DS\\_Electronico\\_ES.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/76339/141216_DS_Electronico_ES.pdf)

