



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**DISEÑO DE UN MODELO DE ECONOMIA CIRCULAR
EN EL SECTOR DE SMARTPHONES EN EL ESTADO DE TLAXCALA**

OPCION III PROYECTO DE INVESTIGACION

**PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTA:

ALEXIS DELGADO CORRIENTE

NOMBRE DEL ASESOR:

ERIC MONTIEL PÉREZ

APIZACO, TLAX., MAYO 2025



Apizaco, Tlax. 19/febrero/2025
Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación integral

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación integral:

Nombre del Egresado:	ALEXIS DELGADO CORRIENTE
Carrera:	INGENIERÍA INDUSTRIAL
No. De control:	13370556
Nombre del proyecto:	"DISEÑO DE UN MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE SMARTPHONES EN EL ESTADO DE TLAXCALA "
Producto:	OPCIÓN: TITULACIÓN INTEGRAL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE
EXCELENCIA EN EDUCACION TECNOLOGICA. ®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®


ARMANDO BARRAZA HINIESTA
JEFE DEL DEPTO. INGENIERÍA INDUSTRIAL



 ERIC MONTIEL PÉREZ	 JORGE LUIS CASTAÑEDA GUTIÉRREZ	 JOSÉ AURELIANO HERNÁNDEZ TEMOLTZIN
ASESOR INTERNO	REVISOR	REVISOR

c.c.p._ Div. Est. Prof. (interesado)
c.c.p._ Archivo



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec.
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241)
4172010 Ext. 144, e-mail: industrial@apizaco.tecnm.mx tecnm.mx |
Apizaco.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, 31/marzo/2025

DELGADO CORRIENTE ALEXIS.
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL.
CON NÚMERO DE CONTROL 13370556.
PRESENTE.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** y cuyo tema es: **DISEÑO DE UN MODELO DE ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE SMARTPHONES EN EL ESTADO DE TLAXCALA**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **2 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
ijss/aehs -



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



DEDICATORIA

*La presente investigación va dedicada
Primeramente, a Dios, que gracias a su bendición
me ha guiado a culminar mi carrera profesional,
dedico también este trabajo a mí madre,
que, con amor y apoyo incondicional,
me ha inspirado en la vida, para perseverar a alcanzar mis sueños, y a mis
hermanas quienes son mi alegría.*

Alexis Delgado Corriente.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a Dios, por haberme brindado las fuerzas necesarias a lo largo de todo este proceso de mi formación profesional.

Al ser más importante de mi vida, mi mamá Karina que, con mucho amor, apoyo incondicional, aliento y perseverancia, me inculco ser una persona de bien y motivó siempre a lograr mis objetivos y metas.

A mi pareja Diana, gracias por creer en mí y acompañarme en cada paso del camino.

Agradezco a mis asesores de proyecto Ingeniero Eric e Ingeniero José Aureliano que, durante este proceso, me acompañaron y guiaron para llevar a cabo y concluir este proyecto para titulación.

RESUMEN

La situación ecológica actual es un verdadero desconcierto para la mayor parte de la humanidad, muchas veces se escucha hablar de los problemas ambientales que acontecen hoy en día, ocasionados por el cambio climático, pero en realidad, pocas veces se da la debida importancia al agotamiento de los recursos naturales y a sus graves consecuencias futuras para la humanidad.

Este informe presenta el trabajo de investigación documental que se realizó en el sector de los smartphones porque a pesar de que son una gran herramienta tecnológica de comunicación con muchas funciones adicionales que hacen la vida de los seres humanos mucho más fácil en diferentes aspectos del día a día, tienen un distinguido lugar en la sobreexplotación de los recursos naturales del planeta y en la acumulación de basura electrónica en el mundo.

Esta situación, lleva al planteamiento de la necesidad de proponer nuevos modelos de negocio más amigables con el medio ambiente y con ello, contribuir a frenar el deterioro ambiental que conduce a un camino sin retorno para la vida en el planeta.

La investigación documental realizada tuvo por objetivo diseñar un modelo de negocio sustentable para los smartphones, en el estado de Tlaxcala, basado en los principios de la economía circular para minimizar la extracción de minerales para la manufactura de los teléfonos celulares, reducir la contaminación por su desecho al finalizar la vida útil y crear oportunidades de empleos en una economía social emergente.

En el desarrollo de este trabajo se analizaron tres modelos de economía circular para smartphones: diseño modular para smartphones, diseño sobre educación y conciencia y diseño de un plan de logística inversa (leasing).

INDICE DE CONTENIDO

PORTADA	
DEDICATORIA -----	I
AGRADECIMIENTOS-----	II
RESUMEN -----	III
INTRODUCCION -----	1
CAPITULO I. PROBLEMA -----	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	3
1.2 JUSTIFICACION -----	4
1.3 OBJETIVOS -----	5
1.3.1 Objetivo General -----	5
1.3.2 Objetivos Específicos -----	6
CAPITULO II. MARCO TEORICO -----	6
2.1 ECONOMIA CIRCULAR -----	6
2.2 OBSOLESCENCIA PROGRAMADA -----	7
2.3 MODELO MARIPOSA DE LA ECONOMIA CIRCULAR Y MODELO DE NEGOCIO CANVAS-----	8
2.3.1 Principios de la Economía Circular -----	8
2.3.2 Modelo Mariposa de la Economía Circular -----	9
2.3.3 Modelo de Negocio Canvas -----	10
2.3.4 Camino Hacia una Economía Circular en el Estado de Tlaxcala -----	11
2.3.5 Desafíos de Sostenibilidad Relacionados al Sector de Smartphones en el Estado de Tlaxcala -----	11
2.4 CASOS DE ÉXITO -----	12
2.4.1 ¿Por qué comprar bombillas cuando puedes comprar luz? (Signify) -----	12
2.4.2 Paga por el producto no por el embalaje (Algramo) -----	13
2.4.3 El cambio está en tus manos (Fairphone) -----	14

CAPITULO III. DESARROLLO DEL PROYECTO -----	15
3.1 METODOS DE INVESTIGACION -----	16
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACION -----	16
3.3 Elementos Químicos que Integran un Smartphone-----	17
3.3.1 Polietilenos -----	17
3.3.2 Minerales y elementos -----	17
3.3.4 Tierras raras -----	19
3.4 REGULACIONES Y ESTÁNDARES-----	24
3.5 TRATAMIENTO DE SEPARACIÓN DE METALES -----	28
3.6 TRATAMIENTO ESPECIAL PARA RECICLAJE DE BATERÍAS DE LITIO EN SMARTPHONES -----	28
3.6.1 Baterías y su Contenido -----	29
3.6.2 BILs como Deshecho-----	30
3.6.3 Proceso para reciclado de baterías-----	31
3.6.4 Ruta de la Hidrometalurgia-----	31
3.6.5 Método de Reciclado para Baterías por Lixiviación -----	32
CAPITULO IV. RESULTADOS -----	33
4.1 ABORDAJE DEL PROBLEMA-----	33
4.1.2 Diseño de un Modelo de Economía Circular en el sector de Smartphones en el Estado de Tlaxcala-----	33
4.2 PROPUESTA DE DISEÑO CON UN ENFOQUE CIRCULAR -----	37
4.3 MODELO DE MARIPOSA PARA ECONOMIA CIRCULAR EN SMARTPHONES -----	40
4.4 MODELO DE NEGOCIO CANVAS PARA ECONOMIA CIRCULAR EN SMARTPHONES-----	41
CONCLUSIONES-----	42
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA-----	43

INTRODUCCION

El modelo de desarrollo que todos los países adoptaron desde el inicio de la revolución industrial es denominado actualmente como modelo de economía lineal y se concibe como un sistema de extracción de recursos del planeta para fabricar productos que una vez utilizados se desechan y se convierten en basura. Desde este enfoque, está claro que la economía lineal es un modelo contaminante que degrada los sistemas naturales y se ha convertido en el motor de la generación de los problemas actuales que se viven en el planeta, como son el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la acidificación de los océanos, el agotamiento del agua dulce, entre otros.

Es evidente que el desarrollo industrial ha ido de la mano con el crecimiento mundial de la población. Satisfacer las necesidades de una población en constante crecimiento se convirtió en una oportunidad para generar riqueza. Para ello, se concibió al planeta como una fuente inagotable de recursos y no se consideró qué hacer con los residuos generados durante la producción, la comercialización, el uso y desecho de los productos por los consumidores.

La economía circular es un concepto económico cuyo objetivo es que el valor de los productos, los materiales, los servicios, los residuos y los recursos utilizados se mantengan en la economía durante el mayor tiempo posible, y que se reduzcan al mínimo la extracción de recursos vírgenes y la generación de residuos. Con este modelo se pretende transformar la economía, haciéndola más sostenible y manteniendo la competitividad. Esta economía se basa en la utilización de materiales biodegradables para la fabricación de los bienes y en los casos en que esto no pueda llegar a ser posible, optar por tomar un giro eco-friendly que consiste en reincorporar nuevamente los componentes al ciclo de producción.

Una forma de contaminación es la ocasionada por la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). De acuerdo con el Informe de The Global E-Waste Monitor 2024, de las Naciones Unidas, (Baldé Cornelis P. Et al, 2024, párr. 1), la generación de RAEE en el mundo cada año es cinco veces más grande que lo que se recicla, es decir, se genera una acumulación de RAEE cuyos componentes son altamente tóxicos para el medio ambiente y la salud de los seres vivos. El informe reporta que en 2022 se generaron 62 millones de toneladas de RAEE en el mundo y que esa cantidad es 82% superior a la que se registró en 2010; el incremento de RAEE en el mundo es de 2.6 millones de toneladas anuales, porque sólo se reciclan 14 millones de toneladas anuales (22.5%) de los residuos eléctricos y electrónicos.

La obsolescencia programada por las empresas para acortar el ciclo de vida de los productos, la creciente electrificación de la sociedad, la falta de cumplimiento a la normativa y a la deficiente infraestructura en la gestión de los RAEE, conducen a una mayor contaminación tecnológica que debe ser atendida de manera urgente para evitar graves consecuencias al medio ambiente y a la salud humana.

De acuerdo con el mismo Informe de The Global E-Waste Monitor 2024, en México se producen anualmente 1.5 millones de toneladas de residuos tecnológicos al año y solo se recicla el 4%.

La Organización Internacional del Trabajo en 2019, publicó un informe denominado “Informe final. Foro de diálogo mundial sobre el trabajo decente en la gestión de los desechos eléctricos y electrónicos” (Organización Internacional del trabajo, 2019, p.3), donde se analiza la importancia de implementar un modelo de economía circular para generar puestos de trabajo decentes en la cadena de valor del reciclado de los residuos eléctricos y electrónicos:

“Además, si se aplica un enfoque de economía circular, los desechos eléctricos y electrónicos pueden considerarse un recurso que, adecuadamente gestionado, podría promover la obtención de medios de subsistencia, generar empleo, proporcionar acceso a la tecnología, facilitar la modernización tecnológica, propiciar la transferencia de conocimientos y competencias, y proporcionar capital para fabricar productos básicos de segunda mano y recuperar materiales”

En 2015, los países miembros de las Naciones Unidas adoptaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Esta Agenda incluye 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS). La gestión de los RAEE es objeto de seguimiento en el Objetivo 12, Producción y Consumo Responsables, sin embargo, desde un enfoque de resolver la contaminación por residuos eléctricos y electrónicos con procesos circulares también, se da respuesta a los Objetivos 3 Salud y Bienestar, 6 Agua Limpia y Saneamiento, 8 Trabajo Decente y Crecimiento Económico, 11 Ciudades y Comunidades Sostenibles y 14 Vida Submarina. (Asamblea General de la ONU, 2015, Objetivos de Desarrollo Sostenible).

En este contexto, resulta importante plantear un modelo de negocio basado en los principios de la economía circular para disminuir la contaminación por residuos eléctricos y electrónicos provenientes de los teléfonos celulares, en particular, contribuir con ello, al desarrollo sostenible en el estado de Tlaxcala.

En el capítulo 1 del presente reporte, se hace el planteamiento del problema reportando datos de la cantidad de residuos electrónicos y eléctricos, RAEE, que se generan anualmente y en particular de los que provienen de los dispositivos móviles como son los celulares y las tabletas, así, como de las tendencias de su crecimiento por el aumento en las ventas de estos productos. Se presentan también, la justificación, el objetivo general y los objetivos específicos enfocados en aprovechar los elementos minerales que contienen los celulares para proponer como alternativa de solución a la contaminación y a la sobreexplotación de los recursos naturales, su reutilización en la fabricación de nuevos smartphones y de crear modelos de negocio circulares en el estado de Tlaxcala.

En el capítulo 2, denominado marco teórico, el reporte se adentra en los principios de la economía circular, se esclarece el tema de la obsolescencia programada, se abordan el modelo de negocio con la herramienta “canvas” y el modelo de mariposa para la economía circular, finalmente, se presentan casos de éxito de empresas que han implementado el modelo de la economía circular como una práctica de desarrollo sustentable.

En el capítulo 3, se presenta el desarrollo del proyecto, iniciando con la descripción de los tipos y métodos de investigación utilizados para este trabajo; el desarrollo de la investigación en donde se exponen a detalle los materiales y minerales que componen un smartphone y cómo funcionan en él, cada uno de estos minerales, a partir de esto, se presentan datos cuantitativos mediante

un experimento científico realizado por científicos de la Universidad de Plymouth (Reino Unido) para de manera más precisa conocer en qué cantidad existen estos minerales en un solo smartphone. Para concluir este capítulo se anexan regulaciones y estándares de las Normas Oficiales Mexicanas para identificar, manejar y tratar materiales peligrosos de algunos residuos que componen un smartphone.

En el capítulo 4, como resultados se presenta una aplicación del diagrama de mariposa de la economía circular para visualizar la relación entre los procesos de producción, consumo y recuperación de los smartphones como propuesta de circularidad. Además, se incluye el modelo de una economía circular para los smartphones en el estado de Tlaxcala, utilizando la herramienta CANVAS.

Para facilitar la comprensión del concepto de economía circular, se utiliza el modelo de diagrama de mariposa, que ilustra las diferentes etapas del ciclo de vida útil de un producto, se presenta el lado derecho (Técnico) con un desglose y enfoque a soluciones para la longevidad de smartphones, mediante este diseño con diferentes propuestas se espera concientizar a la población para un mejor manejo, reutilización y reciclaje de estos dispositivos, además, de exponer el modelo de negocio “canvas”, con el que se propone y facilita la visualización de cómo un diseño de economía circular para los smartphones en el Estado de Tlaxcala, es una oportunidad de negocio factible, rentable y sustentable.

En el capítulo 5, se presentan las conclusiones del proyecto.

CAPITULO I. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

De acuerdo con el Informe de The Global E-Waste Monitor 2024, de las Naciones Unidas, la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en 2022, alcanzó la cifra de 62 millones de toneladas en el mundo, las cuales, además contienen componentes que son altamente tóxicos para el medio ambiente y la salud de los seres vivos. El informe estima que de 10-12 % de los RAEE son provenientes de dispositivos móviles como los teléfonos celulares y las tabletas, lo que equivaldría a 6.2-7.44 millones de toneladas anuales. Para nuestro país, el mismo informe reporta que se generaron en 2022, 1.5 millones de toneladas de RAEE y solo se recicló el 4%. Es decir, 1.44 millones de toneladas de RAEE no se reciclan en México y siguiendo la estimación que del 10-12 % son provenientes de dispositivos móviles, resultan 144 toneladas de residuos electrónicos generados en 2022 por desechos de celulares y tabletas electrónicas principalmente, en México.

Es evidente que los RAEE tienen la tendencia de aumentar cada año por el crecimiento de las ventas de los dispositivos móviles, impulsado a su vez, por la renovación tecnológica y la competencia por el mercado. De acuerdo al informe anual del Mobile Economy de la GSMA, (The Mobile Economy, 2024, p.6) las cifras de usuarios únicos de telefonía móvil en 2023 superan los 5,000 millones con una tasa de penetración de 69%. y calculan que para el año 2030 la población mundial alcance los 8,500 millones de personas por lo que habrá 6,300 millones de únicos

usuarios móviles, aumentando un 5% la tasa de penetración, alcanzando esta vez un 74% a nivel mundial.

De los teléfonos celulares desechados se extraen materiales minerales preciosos como el oro, paladio, platino, plata, indio, y otros como el cobre, aluminio, plomo, níquel, litio, estaño, antimonio, entre otros. A este proceso de extracción se le conoce actualmente como minería urbana. De acuerdo con la empresa belga Umicore que realiza minería urbana, por cada tonelada de teléfonos móviles de desecho se recuperan 300 gramos de oro. La empresa holandesa Closing The Loop trabaja la recuperación de celulares desechados en los tiraderos de basura electrónica creados en los países de África Occidental, en donde se cotiza 1 tonelada de celulares desechados a 14,815 euros aproximadamente (en México, serían aproximadamente \$320,000.0). El trabajo que realizan ambas empresas forma parte de la cadena de valor de la minería urbana.

En México para el año 2023, la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) del INEGI reportó 93.8 millones de usuarios únicos de telefonía móvil, 8.3 millones más que en el 2019.

En el estado de Tlaxcala se reportan 1,342,977 habitantes (Censo de Población y Vivienda, 2020, p.1) y de acuerdo al INEGI el porcentaje de penetración de smartphones en el estado de Tlaxcala es del 74.6%, por lo que nos da como resultado que en Tlaxcala aproximadamente 1,001,877 personas poseen al menos 1 smartphone.

En este contexto surge la necesidad de implementar un modelo de economía circular que permita disminuir la contaminación por residuos electrónicos provenientes de los smartphones, a través de reducir, reutilizar y reciclar los recursos utilizados en la fabricación y consumo de smartphones. Sin embargo, a pesar de los beneficios potenciales de la economía circular, su aplicación en el sector de smartphones en Tlaxcala aún es limitada. Por lo tanto, es fundamental investigar y dar a conocer el impacto y éxito que puede causar la implementación de un modelo de economía circular en el sector de smartphones, con el fin de fomentar prácticas sostenibles en el aprovechamiento eficiente de los recursos que ya están en el sistema económico.

1.2 JUSTIFICACIÓN.

Cada año la organización -Global Footprint Network- calcula el Día del Sobregiro de la Tierra (Earth Overshoot Day), (Figura 1.1), que representa la fecha en que habremos usado la cantidad de recursos renovables y servicios que el planeta puede regenerar y absorber en un año; si observamos la Figura 1, notaremos que cada año se adelanta el día de sobregiro de la Tierra. Después de esta fecha estamos gastando los recursos de las futuras generaciones. De acuerdo con nuestro estilo de vida actual, estamos consumiendo recursos del planeta, equivalentes a 1.7 planetas Tierra. Es por eso que este estudio no solo le daría un valor agregado a un ecosistema ecológico más sustentable si no también mejoraría notablemente tópicos de economía y salud, ya que este tipo de método Eco-Circular se puede aplicar a diferentes sectores de la industria de productos y servicios.

Algunas de las corporaciones que al día de hoy están optando por un modelo de economía circular son: RENAULT, DANONE, PHILIPS, BLACKROCK, SCJOHNSON, DS SMITH, IKEA.

La razón más importante por la que se realiza esta investigación radica en abordar el problema de la alta y preocupante contaminación generada en el estado de Tlaxcala, por los elementos (RAEE) que son parte de los smartphones, cabe también recordar que muchos de los minerales que en ellos se desechan al momento de arrojarlos a la basura, siguen teniendo un valioso valor para la reutilización y construcción de nuevos smartphones. Con esta práctica de una economía circular en lugar de una lineal, se pueden lograr beneficios significativos como la reducción en la extracción de recursos naturales, la disminución de la contaminación y la generación de empleo en la gestión adecuada de desechos electrónicos. Además, se pretende generar conciencia sobre el impacto ambiental de los smartphones y promover prácticas sostenibles en la industria.

El proyecto de investigación contempla documentar casos de éxito y buenas prácticas de economía circular en otros lugares, con el objetivo adicional de inspirar y motivar a las empresas de smartphones a adoptar medidas similares. Al hacerlo se espera fomentar la transición hacia un modelo más sostenible y contribuir al desarrollo de una economía circular en el estado.

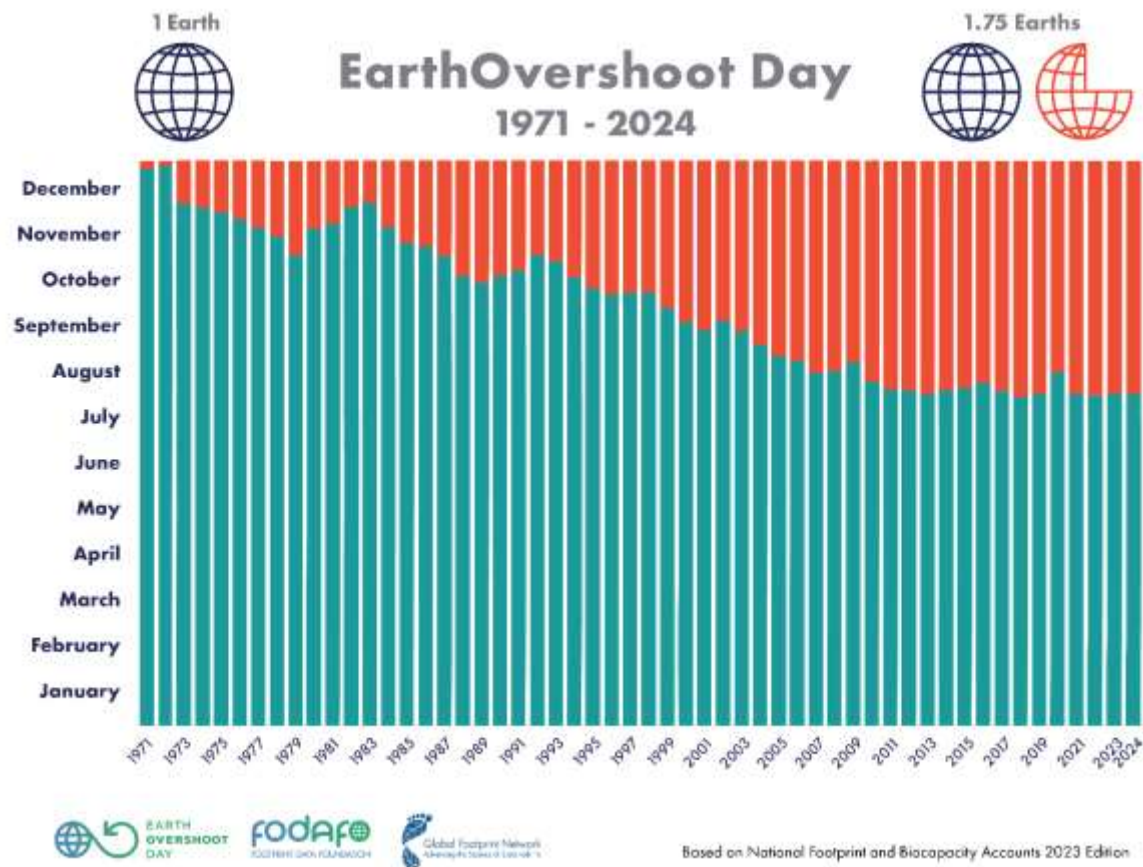


Figura 1.1 *El Día de Sobregrero de la Tierra.*

Tomado de (Global Footprint Network, 2023)

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 Objetivo General.

Diseñar un modelo de economía circular en el sector de los smartphones para reducir el impacto ambiental por medio de la reutilización de componentes electrónicos y de minerales, que al mismo tiempo promueva la innovación circular en productos, servicios y modelos de negocio.

1.3.2 Objetivos Específicos.

1. Desarrollar conceptualmente el modelo de economía circular.
2. Documentar casos de éxito de modelos de negocio en el sector de los smartphones con el enfoque de economía circular.
3. Identificar todos los elementos que integran un smartphone.
4. Determinar la agrupación de los elementos por categoría o familia.
5. Diseñar el diagrama de mariposa de la economía circular aplicado a un proceso circular de los smartphones.
6. Diseñar un modelo de negocio con enfoque circular para los smartphones.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1 ECONOMIA CIRCULAR.

De acuerdo con la Fundación Ellen MacArthur, se tienen las siguientes definiciones de economía lineal y economía circular:

Economía lineal: La economía lineal es el modelo tradicional donde para fabricar productos se extraen materias primas, se produce y luego se desecha, sin tener en cuenta la huella ambiental y sus consecuencias.

Economía Circular: Es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende.

Los modelos de negocio basados en la economía circular se conocen desde los años 70 del siglo XX, pero es en el siglo XXI cuando más importancia han tomado derivado de los problemas ambientales que se están viviendo en el planeta. La Unión Europea se ha colocado a la cabeza en el desarrollo de la economía circular, marcándose objetivos concretos de corto y mediano plazo. Desde el año 2016, la Unión Europea viene llevando a cabo Misiones de Economía Circular, que son “reuniones políticas y empresariales de alto nivel en terceros países para comunicar y fomentar políticas sostenibles y de uso eficiente de los recursos” que han llevado hasta países como Chile, Perú, China, Sudáfrica, Colombia, Japón, Indonesia, Singapur, Malasia, India y, más recientemente México en el intercambio de conocimientos y experiencias, con el fin de estrechar los vínculos con esos países y cooperar para lograr la transición hacia una economía circular.

Con un nuevo proyecto a largo plazo que lleva por nombre “Pacto Verde Europeo” la Comisión Europea tiene como objetivo principal hacer que la Unión Europea sea climáticamente neutra, para ello, propone tres acciones concretas para ser el primer continente climáticamente neutro del mundo para el año 2050:

1. Establecer la Ley Europea del Clima para lograr reducir al 55% las emisiones de gases de efecto invernadero para 2030, en comparación con los niveles de 1990.

2. Estrategia de Energía Limpia, para impulsar la transición hacia la descarbonización del sistema energético de la Unión Europea.
3. Economía Circular y Reducción de la Contaminación, a través de implementar el Plan de Acción de Economía Circular, incentivando la transición hacia una economía sostenible.

“La transición a la neutralidad climática brindará importantes oportunidades, tales como el potencial de crecimiento económico, de nuevos modelos de negocio y nuevos mercados, así como de creación de empleo y desarrollo tecnológico.” (Consejo Europeo, 2019, párr. 5)

Los beneficios reales son una contaminación cero, una energía asequible y segura, un transporte más eficiente y alimentos de alta calidad. Considerando nuevos puestos de trabajo, un ambiente más limpio y mejor calidad de vida para las personas.

Entonces el objetivo de la economía circular es alargar la vida útil de los residuos, convirtiéndolos en recursos, para implementar una economía justa, social, colaborativa y sostenible, alejada del actual sistema de “usar y tirar”. La basura deja de ser basura.

2.2 OBSOLESCENCIA PROGRAMADA.

A partir de las innovaciones en manufactura para atender la demanda en distintos sectores industriales, (smartphones, televisores, laptops, lavadoras, microondas etc.) hoy en día se lleva a cabo la acción intencional de los fabricantes para que los productos dejen de funcionar en determinado tiempo, a esto se le conoce como obsolescencia programada.

Existen diferentes tipos de obsolescencia para programar la muerte de distintos productos:

1. Obsolescencia Funcional y Tecnológica.

Se da debido a un defecto funcional, avería o incompatibilidad.

2. Obsolescencia de Calidad.

Después de un corto tiempo el producto presenta fallas y mal funcionamiento.

3. Obsolescencia Psicológica.

Se siembra la idea de que el producto deja de ser la novedad o última tendencia.

Dado este tipo de prácticas cabe aclarar que “la vida útil de un producto es el tiempo en que el equipo funciona de forma óptima, y llega a su fin después de un proceso de desgaste lógico por su uso frecuente.”

“En países como Francia la obsolescencia programada es un delito, por lo que los fabricantes están sometidos a criterios de durabilidad, para lo cual deben establecer estándares de medición, prueba y verificación. Para atacar el problema de forma global se plantea una nueva visión circular para los aparatos electrónicos, también conocida como “producción de ciclo cerrado”. Consiste en ampliar la duración de los aparatos y contemplar procesos de reciclaje de los

componentes que son valiosos pero peligrosos para la salud humana o el medio ambiente.” (Obsolescencia programada: Diseñados para morir, 2019, párr. 6-8-11).

2.3 MODELO MARIPOSA DE LA ECONOMIA CIRCULAR Y MODELO DE NEGOCIO CANVAS

2.3.1 PRINCIPIOS DE LA ECONOMIA CIRCULAR

1. Preservar y mejorar el capital natural equilibrando los flujos de recursos renovables.
2. Poner en práctica la eco concepción; tener en cuenta los impactos medioambientales a lo largo del ciclo de vida del producto desde su creación.
3. Optimizar recursos.
4. Anteponer el uso a la posesión; Pagar por servicio y no por producto.
5. Reintroducir los productos que ya no tienen su funcionalidad inicial al circuito económico para darles otro uso.
6. Reutilizar los residuos o parte de los mismos, que todavía pueden funcionar.
7. Promueve la reparación; arreglar los productos para darles una nueva vida, en lugar de desecharlos y comprar otros nuevos.
8. El reciclaje es uno de los motores de la economía circular para aprovechar los materiales que se encuentran en los residuos.
9. La valoración; aprovechar energéticamente los residuos que ya no se pueden reciclar.

La economía circular apuesta por el ecodiseño, (figura 2.1) diseñar el producto para ser deconstruido posteriormente. De esta forma los productos y servicios se crean teniendo en cuenta que el producto sea reciclable reutilizable, alargar su vida lo máximo posible y reducir su impacto en el medio ambiente.

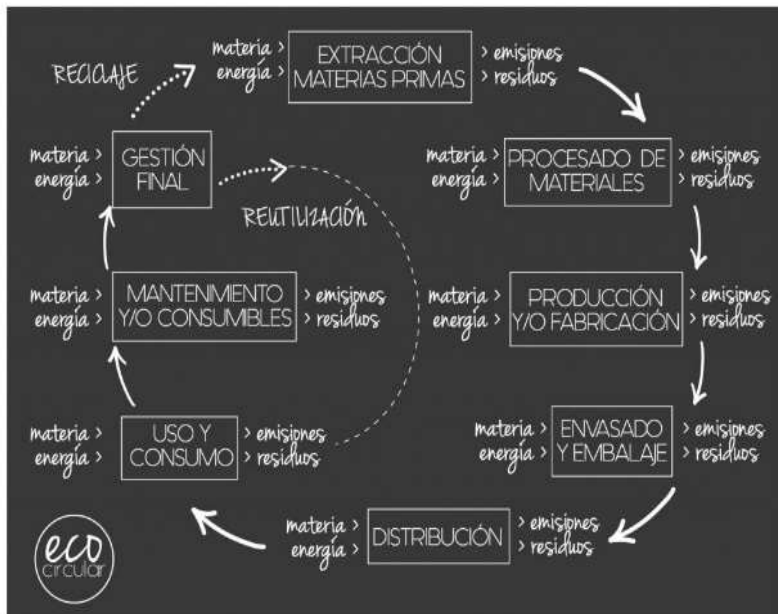


Figura 2.1 Ecodiseño de un producto en la cadena productiva.

Tomado de (Ecocircular, 2016)

2.3.2 MODELO MARIPOSA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

El modelo mariposa es una representación gráfica que ilustra los principios y conceptos clave de la economía circular de una manera visual y sencilla. Este modelo se basa en la metáfora de una mariposa, donde las alas representan dos conceptos fundamentales de la economía circular: la regeneración y la restauración.

- **Ala Regenerativa:** En la economía circular el ala regenerativa se refiere a la idea de regenerar los recursos naturales y restaurar los ecosistemas dañados. Se enfoca en la conservación y regeneración de los recursos naturales, promoviendo la biodiversidad, la restauración de suelos y la protección de los ecosistemas.
- **Ala Restaurativa:** Por otro lado, el ala restaurativa se centra en la restauración y reutilización de materiales y productos para prolongar su vida útil, reduciendo así, la generación de residuos. Se enfoca en la reutilización, el reciclaje, la reparación y la remanufactura de productos para minimizar el desperdicio y promover un uso más eficiente de los recursos, incluso, se considera la acción de compartir el uso de los productos.

La “Mariposa de la Economía circular” (Figura 2.2) simboliza la interconexión entre la regeneración de los recursos naturales y la restauración de materiales y productos en un ciclo continuo, donde los desechos se convierten en recursos y se reintegran en la economía de forma sostenible.

Este modelo visual ayuda a comprender de manera intuitiva los principios fundamentales de la economía circular y como se puede aplicar a diversos sectores para promover la sostenibilidad, la eficiencia de recursos y la reducción del impacto ambiental.

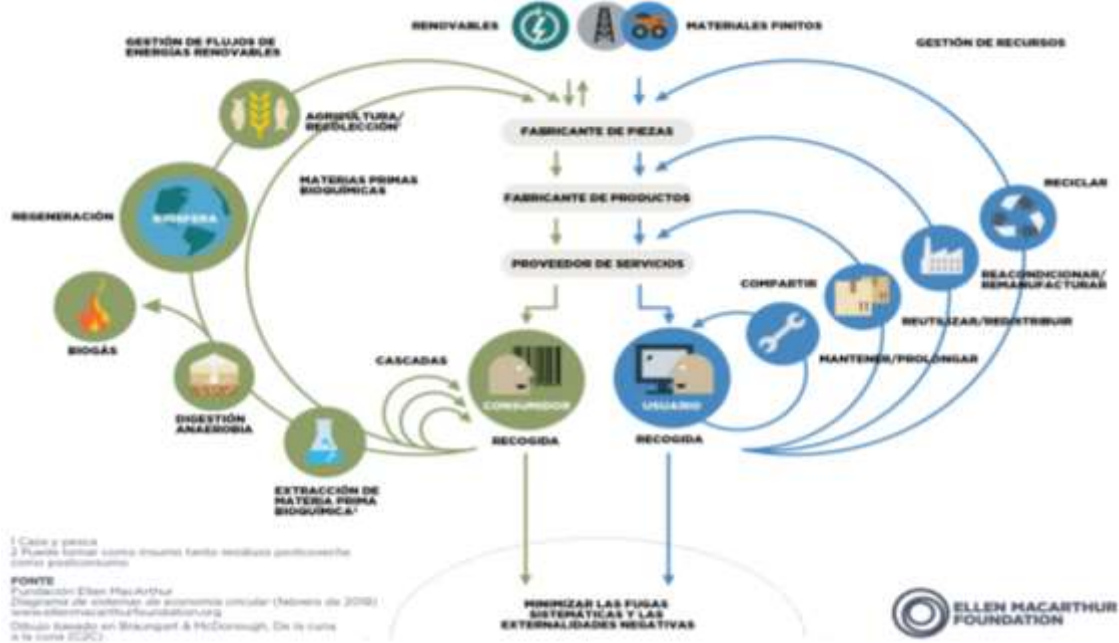


Figura 2.2 El diagrama de la mariposa: Visualizando la economía circular.

Tomado de (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021)

2.3.3 MODELO DE NEGOCIO CANVAS.

El modelo de negocio Canvas (Figura 2.3) es una herramienta utilizada para diseñar, describir, desafiar e innovar los modelos de negocio. Consiste en un lienzo visual que se compone de nueve bloques que representan los aspectos clave de un negocio. En estos bloques se incluyen segmentos de clientes, propuestas de valor, canales de distribución, relaciones con los clientes, fuentes de ingresos, recursos clave, actividades clave, socios clave y estructura de costos. El modelo de negocio Canvas permite visualizar de forma clara y concisa cómo funciona un modelo de negocio, identificar áreas de mejora, explorar nuevas oportunidades y comunicar de manera efectiva la estrategia empresarial. Es una herramienta versátil y ampliamente utilizada en el ámbito empresarial para analizar y optimizar los diferentes aspectos de un negocio.

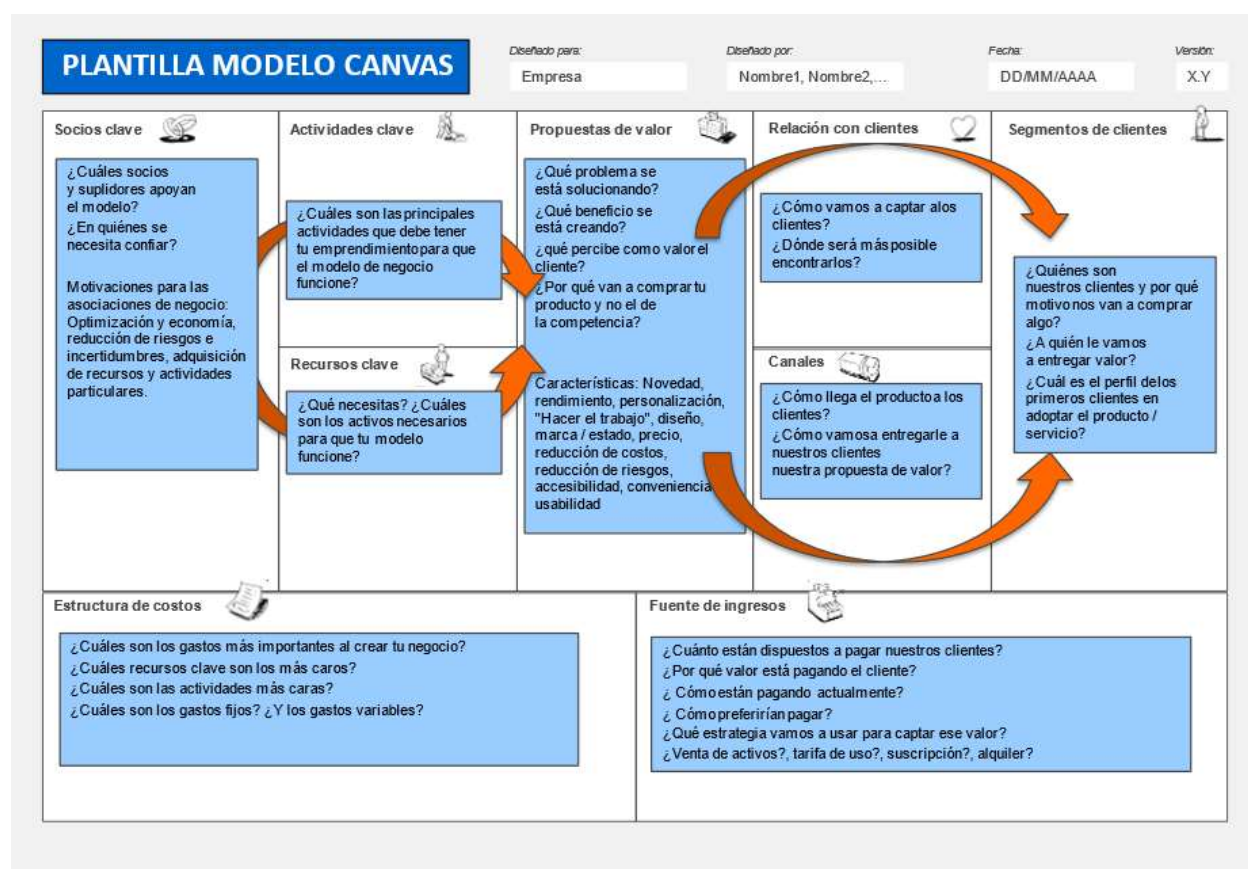


Figura 2.3 Modelo de negocio CANVAS

Tomado de (Puga, 2023)

2.3.4 CAMINO HACIA UNA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Actualmente las prácticas de economía circular en el sector de smartphones en el estado de Tlaxcala son limitadas; esto puede deberse a varios factores.

1. Conciencia y educación: La economía circular es un enfoque relativamente nuevo y requiere un cambio de mentalidad y comportamiento. Es posible que la conciencia sobre los principios de la economía circular y su aplicación en el sector de smartphones aún sea limitada. La falta de información, educación sobre los beneficios y las oportunidades de la economía circular pueden dificultar su adopción.
2. Infraestructura y recursos: La implementación de prácticas de economía circular requiere de infraestructura adecuada y recursos disponibles. Esto incluye la existencia de centros de reciclaje y de acopio de desechos electrónicos, así como la capacidad para reparar y reutilizar dispositivos. La falta de infraestructura y recursos es un obstáculo para el desarrollo de prácticas de economía circular en el sector de smartphones.
3. Regulaciones y políticas: Las regulaciones y políticas gubernamentales desempeñan un papel importante en la promoción de la economía circular. Si no existen políticas claras y medidas de apoyo por parte de las autoridades locales, puede ser difícil para las empresas y los consumidores adoptar prácticas de economía circular en el sector de smartphones.

Sin embargo, existen algunos datos relevantes sobre el manejo de desechos electrónicos en Tlaxcala.

1. Centros de acopio: La secretaria del medio ambiente de Tlaxcala cuenta con centros de acopio activos para la recolección de pilas y aparatos electrónicos. Estos centros se encargan de recibir y gestionar adecuadamente los desechos electrónicos, ya que contienen sustancias peligrosas que requieren un tratamiento especial.
2. Campañas de acopio: La coordinación general de ecología de Tlaxcala lleva a cabo campañas de acopio de residuos electrónicos de manera permanente. Estas campañas tienen como objetivo evitar que los compuestos químicos de los desechos electrónicos lleguen a la basura tradicional y contaminen los mantos acuíferos.

2.3.5 DESAFÍOS DE SOSTENIBILIDAD RELACIONADOS AL SECTOR DE SMARTPHONES EN EL ESTADO DE TLAXCALA.

1. Gestión de residuos electrónicos: La disposición inadecuada de los smartphones y otros dispositivos electrónicos puede generar problemas ambientales debido a la presencia de materiales tóxicos. Es importante implementar sistemas de recolección y reciclaje adecuados para minimizar el impacto ambiental de los desechos electrónicos.

2. Consumo responsable: El rápido avance de la tecnología y la constante introducción de nuevos modelos de smartphones puede fomentar un ciclo de consumo excesivo. Promover el consumo responsable y la prolongación de la vida útil de los dispositivos puede ayudar a reducir la generación de residuos electrónicos.
3. Eficiencia energética: Los smartphones consumen energía durante su fabricación, uso y eventualmente eliminación. Promover la eficiencia energética en la producción y el uso de smartphones puede contribuir a reducir el impacto ambiental y los costos asociados con el consumo de energía.
4. Educación y conciencia: Fomentar la educación y la conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad en el sector de smartphones es fundamental. Esto puede incluir campañas de sensibilización sobre la gestión adecuada de los desechos electrónicos, el consumo responsable y la adopción de prácticas sostenibles.

2.4 CASOS DE EXITO

2.4.1 ¿Por qué comprar bombillas cuando puedes comprar luz?

Nombre: Signify

Fundado: 2016

Origen: Países bajos



Signify, anteriormente Philips Lighting, es una corporación multinacional de iluminación que produce y vende luces eléctricas y accesorios de iluminación que se instalan en todo el mundo. Signify emplea a casi 40 000 empleados y tiene plantas de producción en más de 70 países.

Además de vender equipos de iluminación, Signify también ofrece “iluminación como servicio” (LaaS) a sus clientes comerciales y del sector público. Bajo un contrato LaaS, Signify instala, opera y mantiene los sistemas de iluminación mientras los clientes pagan una tarifa de servicio mensual por la luz.

Además, las luminarias y otros arreglos de iluminación que Signify usa bajo el contrato LaaS están específicamente diseñados para una fácil reparación y reemplazo mientras están en funcionamiento y se puede reutilizar o reciclar fácilmente una vez finalizada cada fase de uso.

¿Qué lo hace circular?

La iluminación circular de Signify es un enfoque completamente nuevo de la iluminación en el que el gasto de capital con la compra de equipos se reemplaza por pagos mensuales por rendimiento.

La propiedad de los sistemas de iluminación la retiene Signify, que en su lugar suele ofrecer un contrato de rendimiento de 5 años respaldado por un conjunto de KPI, como el nivel de luz, el tiempo de actividad y el ahorro de energía. Al final del contrato, el cliente puede optar por prorrogarlo o devolver el equipo de iluminación a Signify, para su reutilización o reciclaje.

Bajo el modelo de negocio LaaS, Signify tiene incentivos para fabricar equipos modulares, duraderos y de alta calidad, que circulan en uso durante mucho más tiempo, conservando así los recursos que se utilizan en la producción. Además, debido a que las luces se administran profesionalmente, a menudo con inteligencia artificial e Internet de las cosas, el sistema se ejecuta de manera más eficiente, lo que genera un ahorro de energía significativo.

Beneficios:

- Las empresas no tienen que pagar costos de capital por adelantado para equipos de iluminación.
- Las luminarias “circulares” de Signify duran un 75 % más que los equipos convencionales.
- En el aeropuerto de Schipol, LaaS redujo el consumo de energía en un 50 % en comparación con el sistema anterior.

2.4.2 Paga por el producto, no por el embalaje.

Nombre: Algramo

Fundado: 2013

Origen: Chile



Algramo es un sistema que permite a los clientes recargar productos domésticos mediante el uso de máquinas dispensadoras inteligentes y envases con chip RFID. Los clientes acreditan su cuenta a través de una aplicación y llevan su empaque inteligente a un dispensador Algramo. La máquina reconocerá el empaque y dispensará el producto correcto en la cantidad deseada sin necesidad de iniciar sesión o pagar.

Los sistemas de dosificación de Algramo atienden marcas como Quix (lavavajillas), Omo (detergente), Pinesol y Clorox (limpieza general). Actualmente, los dispensadores están disponibles en Santiago (Chile), Nueva York (EE. UU.) y Yakarta (Indonesia).

En 2020 se han puesto en el mercado más de un cuarto de millón de envases a través de Algramo, todos ellos 100% reutilizables.

Reutilización: Una revolución en ascenso

La plataforma de recarga de Algramo es un ejemplo icónico de “Recarga sobre la marcha”, que es uno de los cuatro modelos de reutilización orientados al consumidor:

1. Recarga en casa. Los usuarios recargan su contenedor reutilizable en casa.

2. Recarga sobre la marcha. Los usuarios rellenan su contenedor reutilizable fuera de casa.
3. Devolución desde casa. El servicio de recogida recoge el embalaje en casa.
4. Devolución sobre la marcha. Los usuarios devuelven el embalaje en una tienda o punto de entrega.

Reutilizar es el estándar de oro para una economía circular para plásticos porque, a diferencia del reciclaje, mantiene la integridad estructural de los envases, conservando así todos los recursos utilizados en el proceso de fabricación. Uno de los principales desafíos para los modelos de reutilización se relaciona con la higiene.

Sin embargo, como la mayoría de los productos de Algramo son productos de limpieza, este problema es mucho más fácil de manejar en comparación con la recarga de productos alimenticios.

Beneficios:

El sistema de recarga sobre la marcha de Algramo demuestra muchos de los beneficios clave asociados con la reutilización:

1. Reduce costos, ya que se necesita menos plástico para suministrar productos a una base de clientes más grande.
2. Se adapta a las necesidades del usuario, dado que los clientes solo pagan por lo que necesitan.
3. Mejora la experiencia del usuario, porque los dispensadores inteligentes y los envases inteligentes permiten pagos inteligentes.
4. Genera lealtad a la marca, debido a que la flexibilidad y una experiencia de usuario mejorada generan lealtad.

2.4.3 El cambio está en tus manos.

Nombre: Fairphone

Fundado: 2013

Origen: Amsterdam (Países Bajos)

The logo for Fairphone, featuring the word "FAIRPHONE" in a bold, blue, sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving it a 3D appearance as if it's floating or attached to a surface.

Fairphone es una marca de teléfonos inteligentes que se destaca por su enfoque en la sostenibilidad y la economía circular.

Durante el 2022 Fairphone ha continuado trabajando para demostrar que una industria electrónica más circular, sostenible y justa también es posible.

En el mes de junio del año 2022, Fairphone lanzó al mercado su servicio de suscripción de Fairphone easy. Este es un modelo de negocio circular en el que se encargan de las reparaciones, el reacondicionamiento y el reciclaje responsable, además, el usuario nunca se queda sin móvil. Por cada año que el smartphone no haya sufrido daños se aplica un descuento mensual creciente que pretende recompensar a los usuarios por participar en lograr darle una mayor longevidad al smartphone.

Se integraron más materiales reciclados, compensaron el % de huella de material aurífero que aún no procede de fuentes justas (salarios, alimentación, dormitorios, formación) permitiendo un abastecimiento más justo de cobalto en el futuro.

¿Qué lo hace circular?

1. Reutilización y reciclaje: Fairphone ha dado pasos hacia una economía circular al fomentar la reutilización y reparación de sus smartphones. También investigan opciones de reciclaje de dispositivos electrónicos y trabajan para reducir los desechos electrónicos en todo el mundo.
2. Durabilidad y materiales reciclados: Los smartphones de Fairphone están diseñados para durar más que otros dispositivos y están fabricados con materiales reciclados. Esto ayuda a reducir la necesidad de extraer nuevos recursos y disminuir el impacto ambiental.
3. Enfoque en la reparación: Fairphone se esfuerza por permitir que los usuarios reparen sus propios smartphones y cambien piezas, fomentando así la reutilización de dispositivos electrónicos y reduciendo la generación de residuos.

Tu móvil es tuyo, repáralo tú mismo.

- Pedir partes de repuesto. Se pueden encontrar partes de repuesto en su tienda web.
- Ver el video. Mira los tutoriales que Fairphone tiene en su página web. Cada pieza de recambio tiene su propio video tutorial.
- Arreglado tú mismo. Todo lo necesario para este proceso es un destornillador y en cuestión de minutos el dispositivo estará listo para funcionar.

Ninguna parte del smartphone esta pegada con algún adhesivo permanente por lo que los usuarios pueden repararlos ellos mismos con un simple destornillador. Demasiado fácil pues Fairphone guía durante todo el proceso.

Fairphone es considerado un pionero en la implementación de la economía circular en la industria de los smartphones. Su objetivo es crear dispositivos más éticos, sostenibles y responsables, promoviendo la prolongación de la vida útil de los productos y reduciendo el impacto ambiental.

CAPITULO III. DESARROLLO DEL PROYECTO.

El proyecto para su desarrollo, se basa en los principios de la investigación documental para comprender el fenómeno socio-ecológico de la economía circular en el sector de smartphones a través de reportes descriptivos y de su análisis respectivo. “El método de investigación documental se utiliza principalmente en los estudios cualitativos. Implica un acercamiento indirecto a la realidad, basado en fuentes secundarias. Por ello, se accede a datos disponibles en fuentes escritas o visuales que han sido generados por personas, investigadores o instituciones para diversos propósitos” (Revilla, 2020, párr.1). Como menciona Ruiz (2012), se accede al contenido de los documentos escritos sin cambiarlos o modificarlos.

De esta manera, a través del análisis del texto escrito se accede a situaciones, experiencias, actividades y conocimientos diversos.

3.1 METODOS DE INVESTIGACION.

Observación

En este trabajo se registra y observan comportamientos sin intervenir en ellos. Se aborda de una manera no participante, dado que la investigación se observó desde fuera.

Estudios de caso

En esta investigación dada la posición y las posibilidades se abarca lo más a fondo posible las características y contexto de organizaciones o grupos comprometidos con la economía circular en el ámbito de negocios empresarial.

Análisis documental

Se analizaron documentos, archivos, informes y otros materiales escritos para recopilar información relevante sobre la Economía Circular.

Revisión bibliográfica

La información se recopiló, se analizó y sintetizó de literatura existente sobre diversas extensiones de Economía Circular, su evolución y el impacto positivo generado a través del tiempo.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACION.

Esta investigación documental se realizó siguiendo los siguientes pasos:

1. Se investigó el concepto sobre que es la economía lineal y que es la economía circular
2. Se documentaron casos de éxito de empresas que llevan a cabo la economía circular para un medio ambiente más ecológico y sustentable.

3. Se realizó una investigación sobre los materiales y/o minerales que integran un smartphone, agrupándolos por categoría y por medio de un análisis documental se obtuvo información estadística sobre cantidades de estos materiales para la composición de cada uno de ellos.
4. De acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas y por medio de la investigación documental, se obtuvo información acerca de los códigos de peligrosidad de los residuos o materiales que integran un smartphone, esto llevado a cabo para el correcto manejo de materiales tóxicos, nocivos o peligrosos para la salud.
5. El resultado de esta investigación fue la elaboración de un diagrama del modelo de mariposa de la economía circular aplicado específicamente para un proceso circular en el sector industrial de los smartphones. Así mismo, un modelo de negocio con enfoque circular para los smartphones por medio del modelo de negocio CANVAS.

3.3 ELEMENTOS QUÍMICOS QUE INTEGRAN UN SMARTPHONE.

3.3.1 Polietilenos.

Plástico



El plástico hoy en día, se sigue utilizando para diferentes partes solo en algunos modelos de smartphones, como la cubierta trasera y botones, debido a su versatilidad y bajo costo.



3.3.2 Minerales y Elementos.

Carbono



El carbono se utiliza en la producción de materiales como el grafeno que es un material muy resistente y conductor de electricidad. El grafeno se utiliza en la fabricación de baterías más eficientes, pantallas flexibles y componentes electrónicos más pequeños y ligeros.

El carbono también puede ser utilizado de manera innovadora como plástico de carbono que es más resistente y ligero.



Aluminio



Se utiliza principalmente en la carcasa de las baterías del smartphone debido a su ligereza, resistencia y durabilidad. Además de ser buen conductor térmico, lo que ayuda a disipar el calor generado por los componentes internos de la batería.



Silicio



Es el material principal en los chips y procesadores dentro del smartphone, ya que es un semiconductor fundamental en la electrónica. Aunque también se puede encontrar en la pantalla mezclado con aluminio.



Hierro



Encontrado en una aleación de neodimio, hierro y boro; se utiliza en pequeñas cantidades en componentes como los imanes, micrófonos y los altavoces.



Plata y Oro



smartphones.

La plata y el oro se utilizan por sus propiedades conductoras y antimicrobianas. En primer lugar, se utiliza en los contactos eléctricos de los componentes del smartphone como los conectores de carga. Es muy importante tener en cuenta que la cantidad de oro utilizada en los smartphones es muy pequeña en comparación con otros metales presentes. Aun así, no deja de ser un material muy valioso para la fabricación de



Cobre



Se encuentra en los cables que conectan los diferentes componentes del smartphone como la placa base y la batería.



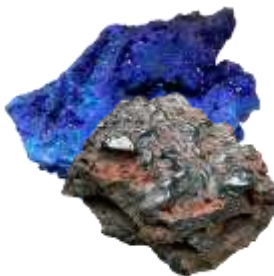
Estaño



El estaño se utiliza especialmente en las soldaduras de los componentes electrónicos. Estas soldaduras permiten una conexión eléctrica confiable y duradera entre los componentes.



Cobalto y Níquel



Presentes en las baterías de iones de litio. Las más comunes en smartphones en la actualidad.



3.3.3 Tierras Raras.

Indio y Estaño (Óxido de indio y estaño)



El óxido de indio y estaño se utiliza especialmente en las pantallas táctiles. Es un material transparente y conductor que se utiliza como recubrimiento en las pantallas táctiles capacitivas de los smartphones.



Esta capa actúa como un electrodo transparente que permite la detección del toque y la transmisión de señales eléctricas. Cuando se toca la pantalla, los cambios en el campo eléctrico son detectados por este, lo que permite que el dispositivo ubica la ubicación y densidad del toque.

Germanio



Es un elemento semiconductor que se utiliza en la producción de transistores de alta velocidad y diodos en los dispositivos electrónicos, incluidos los smartphones.



Estos componentes en los smartphones son fundamentales para el funcionamiento de los circuitos integrados, permitiendo una mayor velocidad de procesamiento y una mayor eficiencia energética.

Neodimio



Se utiliza en la fabricación de imanes de Neodimio-Hierro-Boro que son esenciales para los motores de vibración y altavoces de smartphones, así como en la vibración de alertas y estabilización de la cámara.



Lantano



Se emplea en la fabricación de pantallas de cristal líquido (LCD) y en la producción de vidrios y lentes para cámaras de smartphones.



Praseodimio



Se utiliza para la producción de pantallas de cristal líquido y componentes de iluminación LED en smartphones.



Tungsteno



Se utiliza en los circuitos impresos y en los contactos eléctricos debido a su alta resistencia y capacidad para soportar altas temperaturas.



Disprosio y Gadolinio



Se utiliza como aditivo en la fabricación de los imanes de Neodimio-Ferro-Boro que son esenciales en la fabricación de motores de vibración y altavoces de smartphones. También se usa en la fabricación de pantallas de cristal líquido (LCD) de alta definición, mejorando por mucho la calidad de imagen, colores precisos y un mayor rendimiento de las pantallas, así como mejorar el consumo energético. Ayudan a las baterías a tener una eficiencia energética importante.



A partir de estos datos y un estudio realizado por científicos de la Universidad de Plymouth podemos hallar respuestas sobre de que están hechos los smartphones. (Figura 3.1).



Figura 3.1 *Smartphone triturado para el análisis de su composición.*

Tomado de (Williams, 2019)

El proyecto fue concebido por el doctor Arjan Dijkstra y el doctor Colin Wilkins, geólogos de la escuela de Geografía ciencias de la Tierra y del medio ambiente de la Universidad.

El experimento fue llamado ¿Qué hay en nuestros teléfonos inteligentes? Y para llevarlo a cabo, los investigadores tomaron el teléfono mezclado después de triturarlo por completo en una licuadora (Figura 3.2) y lo mezclaron a casi 500° C con un poderoso oxidante, peróxido de sodio. (Figura 3.3) Con esto se logró hacer un análisis detallado de la solución resultante en ácido para determinar su contenido químico preciso.



Figura 3.2 *Smartphone triturado en licuadora.*

Tomado de: (Williams, 2019)

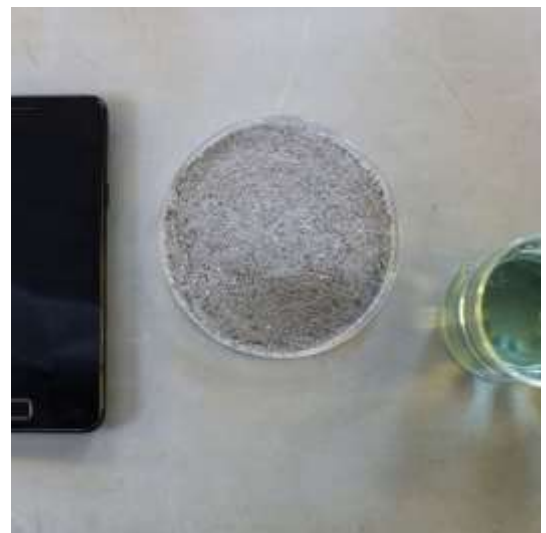


Figura 3.3 *Mezcla de minerales con peróxido de sodio.*

Tomado de: (Williams, 2019)

UN SOLO SMARTPHONE CONTIENE	
Mineral y tierra rara	Proporción en g o mg
(Si) Silicio	13.0g
(Fe) Hierro	33.0g
(C) Carbono	4.0g
(Cr) Cromo	7.0g
(Al) Aluminio	2.5g
(Cu) Cobre	6.0g
(Ni) Níquel	2.7g
(Sn) Estaño	0.7g
(In) Indio	2.0mg
(Ge) Germanio	2.0mg
(Sb) Antimonio	7.0mg
(Nb) Niobio	10.0mg
(Ta) Tántalo	20.0mg
(Mo) Molibdeno	70.0mg
(Co) Cobalto	70.0mg
(W) Tungsteno	900.0mg
(Ag) Plata	90.0mg
(Au) Oro	36.0mg
(Dy) Disprosio	2.0mg
(Gd) Gadolinio	5.0mg
(Pr) Praseodimio	30.0mg
(Nd) Neodimio	160.0mg

Tomado de: *Elaboración propia.*

Anualmente se producen aproximadamente 1,457 millones de smartphones. Por lo que la extracción de minerales y tierras raras es algo increíblemente masivo.

Para observar más a detalle estas cantidades exorbitantes de minerales a continuación se hace la comparación con un estadio de fútbol. (Figura 3.4)



Figura 3.4 Minerales de 1,457 millones de Smartphones comparados con un estadio de fútbol.

Tomado de: Tomado de (Williams, 2019)

1,400 MILLONES DE SMARTHPONES CONTIENEN	
Mineral y tierra rara	Proporción en kilotón (kt) o tonelada (t)
(Si)Silicio	18.9 kt
(Fe)Hierro	48.1 kt
(C)Carbono	5.8 kt
(Cr) Cromo	10.2 kt
(Al) Aluminio	3.6 kt
(Cu) Cobre	8.7 kt
(Ni) Níquel	3.9 kt
(Sn) Estaño	1.0 kt
(In) Indio	3 t
(Ge) Germanio	3 t
(Sb) Antimonio	10 t
(Nb) Niobio	15 t
(Ta) Tántalo	29 t
(Mo) Molibdeno	102 t
(Co) Cobalto	102 t

(W) Tungsteno	1,312 t
(Ag) Plata	131 t
(Au) Oro	52 t
(Dy) Disprosio	3 t
(Gd) Gadolinio	7 t
(Pr) Praseodimio	44 t
(Nd) Neodimio	233 t

Tomado de: *Elaboración propia.*

3.4 REGULACIONES AMBIENTALES.

En el contexto de la gestión ambiental y la sostenibilidad, las normas oficiales mexicanas (NOM) desempeñan un papel fundamental en la regulación y promoción de prácticas ambientalmente responsables en diferentes sectores y actividades. En este sentido las NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-054-SEMARNAT-1993 emitidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) son de vital importancia en el manejo de residuos peligrosos y la protección del medio ambiente.

La NOM-052-SEMARNAT-2005 establece los lineamientos para el manejo de los residuos peligrosos, con el objetivo de prevenir impactos negativos en el ambiente y la salud pública derivados de su generación, manejo y disposición. Por otro lado, la NOM-054-SEMARNAT-1993 regula las características de los residuos sólidos peligrosos y establece criterios para su clasificación, así como límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales.

Estas normas son pilares en la gestión ambiental en México, contribuyendo a la prevención de la contaminación, la protección de los recursos naturales y la promoción de prácticas sostenibles en el manejo de residuos. En el presente apartado se analizará la relevancia y aplicación de las NOM-052 así como también NOM-054 en el contexto de la Economía Circular en los Smartphones.

La tabla de códigos de peligrosidad de los residuos, (Figura 3.5) presente en la NOM-052, proporciona información detallada sobre las características y clasificación de los residuos peligrosos, asignándoles un código específico que indica su nivel de peligrosidad y los riesgos asociados.

Esta tabla es fundamental para identificar, clasificar y gestionar adecuadamente los residuos peligrosos, garantizando la protección del medio ambiente y la salud pública.

Al relacionar esta información con los elementos de los smartphones, es posible analizar como la gestión responsable de los residuos generados en la fabricación, uso y disposición de estos dispositivos electrónicos puede contribuir a la sostenibilidad ambiental y a la prevención de la contaminación. Los materiales y componentes presentes en los smartphones pueden estar

sujetos a regulaciones específicas en cuanto a su manejo y tratamiento, de acuerdo con los códigos de peligrosidad establecidos en la normativa ambiental.

Características	Código de Peligrosidad de los Residuos (CPR)
Corrosividad	C
Reactividad	R
Explosividad	E
Toxicidad	T
Ambiental	Te
Aguda	Th
Crónica	Tt
Inflamabilidad	I
Biológico-Infeccioso	B

Cuando se trate de una mezcla de residuos peligrosos de los Listados 3 y 4 se identificarán con la característica del residuo de mayor volumen, agregándole al CPR la letra "M".

Figura 3.5 *Códigos de peligrosidad de los residuos (CPR).*

Tomado de: NOM 52 SEMARNAT (2005)

En la siguiente tabla (Figura 3.6) se puede identificar los peligros asociados con un residuo específico. Con esta se puede determinar qué tipo de precauciones tomar para manipular el residuo.

C	Es un líquido acuoso o sólido que cuando se mezcla con agua presenta un pH menor o igual a 2.0 o mayor o igual a 12.5 [...].
R	Es un líquido o sólido que después de ponerse en contacto con el aire se inflama [...]. Cuando se pone en contacto con agua reacciona espontáneamente y genera gases inflamables. Es un residuo que en contacto con el aire y sin una fuente de energía suplementaria genera calor.
E	Cuando es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva solo o en presencia de una fuente de energía o si es calentado bajo confinamiento.
T	La propiedad de una sustancia o mezcla de sustancias de provocar efectos adversos en la salud o en los ecosistemas. Existen tres tipos: Te: Tóxico ambiental Th: Tóxico agudo Tc: Tóxico crónico
I	Es un líquido [...] que tiene un punto de inflamación inferior a 60.5 °C [...]. No es líquido y provoca fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C. Es un gas que arde a 20°C y 101.3 kPa cuando se encuentra en una mezcla con 13% (vol) o menos de aire [...]. Es un gas oxidante que puede causar o contribuir más que el aire, a la combustión de otro material.
B	Cualquier microorganismo capaz de producir enfermedades cuando está presente en concentraciones suficientes (inóculo), en un ambiente propicio (supervivencia), en un hospedero susceptible y en presencia de una vía de entrada.

Figura 3.6 Características de peligrosidad por residuo.

Tomado de: (Colibri Soluciones Ambientales S.A de C.V, 2022)

No. CAS	RESIDUO	CPR	CLAVE
---	Oxido de indio		
---	Oxido de estaño		
20859-73-8	Oxido de aluminio	(R, Th)	H006
75-15-0	Carbono	(Th)	H022
---	Dióxido de Silicio		
---	Hierro		
---	Plata (Constituyente inorgánico)		
151-50-8	Potasio	(Th)	H098
---	Oro		
544-92-3	Cobre	(Th)	H029
---	Lantano		
---	Terbio		
---	Praseodimio		
---	Germanio		
---	Disprosio		
---	Gadolinio		
---	Magnesio		
---	Neodimio		
---	Tungsteno		
598-31-2	Bromo	(Th)	H017
557-19-7	Níquel	(Th)	H074
---	Cobalto		

Residuo de material de smartphone con su código de peligrosidad.

Tomado de; Elaboración propia

RESIDUO SMARTPHONE	LISTADO NOM-052-SEMARNAT-2005	LISTADO NOM-054-SEMARNAT-1993	CODIGO					EPP (STPS)	EQUIPO DE PROTECCION
			C	R	E	T	I		
Carbono	75-15-0			X			X	F	Lentes de seguridad, guantes, mandil y respirador para polvo
Aluminio	20859-73-8	Gpo 22 Otros metales elementales y aleaciones en formas de polvos, vapores y partículas		X				F	
Silicio				X				F	
Hierro			X	X				F	

Plata								F	
Oro								F	
Cobre	544-92-3	Gpo 24 Metales y compuestos de metales tóxicos.		X				F	
Estaño								F	
Cobalto		Grupo 24		X		X		F	
Níquel	557-19-7	Grupo 22				X		F	
Indio		Grupo 22						F	
Antimonio		Grupo 24		X		X		F	
Germanio								F	
Neodimio				X		X		F	
Lantano				X		X		F	
Praseodimio				X		X		F	
Tungsteno				X		X		F	
Molibdeno				X		X		F	
Niobio				X				F	
Tántalo				X				F	
Disprosio				X		X		F	
Gadolinio				X				F	
Potasio	151-50-8	Gpo 21 (Metales alcalinos y alcalinotérreos (Elementales))	X	X	X		X	F	
Terbio				X		X		F	
Magnesio		Grupo 22		X	X		X	F	
Bromo	598-31-2		X	X		X	X	F	
RESIDUO BATERIA									Goggles para salpicaduras, guantes, mandil y respirador para polvos y vapores
Cobalto		Grupo 22		X		X		J	
Cobre		Grupo 24		X				J	
Manganeso		Grupo 22		X				J	
Litio		Grupo 107 Sustancias reactivas al agua		X	X		X	J	
Níquel	RP 1/01	Grupo 22				X		J	
Grafito								J	

Tabla CRETI

Recuperado de: Elaboración propia.

3.5 TRATAMIENTO DE SEPARACIÓN DE METALES

En el proceso de gestión de residuos electrónicos, como los smartphones, es fundamental realizar un tratamiento adecuado para separar los metales presentes en estos dispositivos. Este tratamiento tiene como objetivo recuperar los metales valiosos y reducir la cantidad de residuos que se envían a la disposición final.

Este tratamiento de separación de metales generalmente implica varias etapas:

1. **Desmontaje:** Los smartphones son desmontados cuidadosamente para acceder a los componentes y materiales internos. Esto puede implicar la remoción de carcasa, las tarjetas madre, la batería que es el elemento más contaminante y otros componentes externos.
2. **Separación mecánica:** Se utilizan técnicas de separación mecánica, como trituración y tamizado, para separar los diferentes materiales presentes en los smartphones. Esto puede incluir la separación de metales mayoritariamente aluminio, cobre y hierro; y en menor cantidad, pero sin dejar de ser relevante metales preciosos como oro, plata y el paladio, también plásticos, vidrios y otros componentes.
3. **Separación magnética o bien por aire:** Se emplea la separación magnética para extraer los metales ferrosos, además el aire hace que los materiales más densos caigan para ser separados del resto.
4. **Procesos químicos:** En algunos casos, se utilizan procesos químicos para separar los metales preciosos, como el oro, la plata y cobre de otros materiales. Estos procesos pueden incluir la lixiviación, la electrolisis u otros métodos específicos según el metal a recuperar.

3.6 TRATAMIENTO ESPECIAL PARA RECICLAJE DE BATERÍAS DE LITIO EN SMARTPHONES

Las baterías son una parte esencial y extremadamente importante presente en nuestros dispositivos móviles, laptops, vehículos eléctricos y otros dispositivos electrónicos por mencionarlos.

Enfocando nuestra visión en los dispositivos móviles, cuando estas baterías llegan al final de su vida útil, pueden ser altamente contaminantes y peligrosas tanto para la salud como para el medio ambiente si no se manejan adecuadamente.

Las baterías de litio son componentes esenciales en los smartphones, pero su gestión adecuada al final de su vida útil es de vital importancia debido a los riesgos asociados con su disposición inadecuada.

El proceso de reciclaje de las baterías de litio implica varios pasos, incluyendo la recolección, transporte, desmantelamiento y recuperación de los materiales valiosos en instalaciones de reciclaje especializadas.

Algunos de los elementos presentes en las baterías de litio incluyen:

- Cobalto de litio
- Cobre
- Manganeso
- Sal de litio
- Níquel
- Oxido de litio
- Grafito

Para la obtención de materiales presentes en las baterías de litio, se utiliza la técnica de Lixiviación Ácida de material de cátodo para la obtención de litio y cobalto.

Este proceso se lleva a cabo sumergiendo material de cátodo en un agente lixiviante, para este proceso normalmente se utiliza ácido sulfúrico, pero para este caso se optó por ácido cítrico (por ser más amigable con el medio ambiente y mucho menos toxico para la salud) con peróxido de hidrogeno.

A continuación, brevemente se ofrece información sobre el tratamiento de las baterías de litio para asegurar la recuperación de materiales.

3.6.1 Baterías y su contenido

El mercado de las baterías Ion-Litio (BILs), presenta baterías en distintos formatos, pero que comparten la misma estructura básica denominada “celda” (Figura 3.7). La cantidad y forma de orientar estas celdas puede variar según el espacio que se decide utilizar para alojar las BILs en el aparato que requiera la energía eléctrica (Figura 3.8), en donde se establece que, a mayor cantidad de celdas, mayor es la energía que puede almacenar una batería.

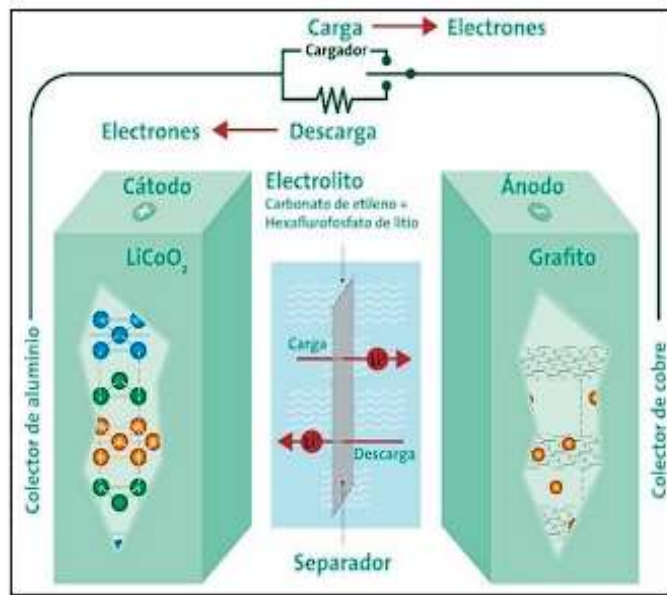


Figura 3.7 Estructura de una celda de las baterías de Ion-Litio

Tomado de: (Valenzuela, Quintana-Cortado, Rojas, & Segovia, 2022)

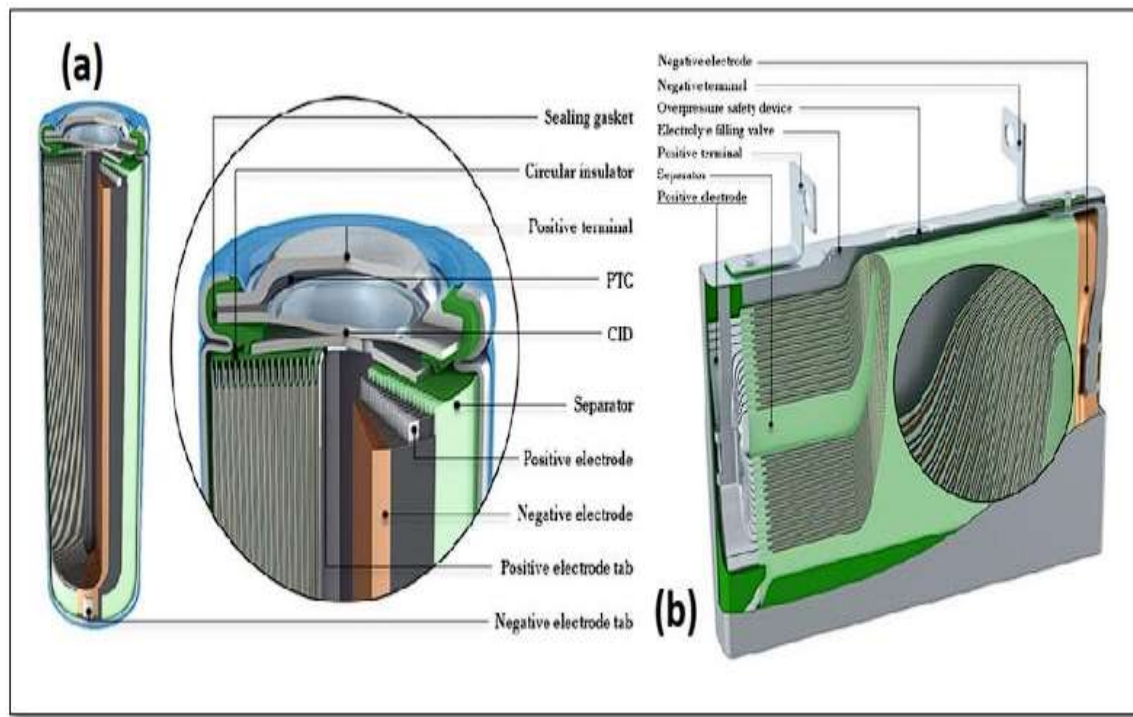


Figura 3.8 Estructura BILs tipo cilíndrica (a) y tipo prismática (b).

Tomado de: (Valenzuela, Quintana-Contardo, Rojas, & Segovia, 2022)

En las celdas de las BILs se pueden encontrar distintos materiales químicos valiosos como cobre, aluminio, grafito y metales de transición, ubicándose estos últimos en el cátodo y siendo los que diferencian fundamentalmente el tipo de batería, otorgándole sus características principales. Los metales de transición utilizados en las BILs tienen un alto valor comercial debido a su escasez. Entre estos metales se encuentran: Cobalto, Níquel y Manganeseo. La utilización y combinación de éstos da origen a los tres tipos de baterías más comunes en el mercado que son BILs tipo LCO: compuestas de Litio y Cobalto y que representan el 36.20% del mercado; BILs tipo NCM: compuestas de Litio, Níquel, Cobalto y Manganeseo y que representan el 29% del mercado; y las BILs tipo LMO: compuestas de Litio y Manganeseo.

Estudios proyectan que debido a la alta demanda que causará en los próximos años la transición hacia la electromovilidad, metales como el Cobalto, el Níquel y el Litio tendrán serios problemas de suministro geológico, así como el valor del Aluminio y el Cobre puede verse seriamente incrementado debido al aumento de demanda.

3.6.2 BILs como deshecho

La historia de éxito de las baterías de Ion-Litio ya ha generado miles de toneladas de basura, parte de la cual está confinada en rellenos de seguridad, al ser considerados “Desechos Peligrosos” por el contenido de materiales carcinógenos como el Cobalto. Las BILs son valiosas pero debido a factores técnicos, barreras económicas, problemas logísticos y aspectos regulatorios, en el mundo hoy se recicla menos del 1% de ellas.

3.6.3 Proceso para reciclado de baterías

La mayoría de los procesos de reciclado se inician con la destrucción de la batería para liberar los componentes activos de su envoltorio (plástico, acero o aluminio). Desafortunadamente, debido a que las baterías no están descargadas completamente, existen riesgos de corto circuito pues los conectores del ánodo y cátodo pueden entrar en contacto, incrementándose la temperatura, liberándose gases y generándose fuego o explosión. Esto es crítico y puede ocurrir al almacenarlas, transportarlas o durante el proceso de reciclado. Por lo tanto, la descarga es la primera etapa y es fundamental para la seguridad del proceso posterior.

Las formas más utilizadas en la actualidad para iniciar el proceso incluyen su destrucción en frío (N₂ líquido), o realizar esta etapa del proceso en atmósfera inerte, utilizando Ar, CO₂ o N₂. Esta metodología incrementa los costos de los procesos de reciclado. Considerando que a nivel industrial no es posible la descarga individual con un dispositivo electrónico, una propuesta más reciente consiste en sumergir las baterías en una solución salina logrando su descarga después de algunas horas.

3.6.4 Ruta Hidrometalurgia

Un proceso hidrometalúrgico es a menudo precedido por un pretratamiento térmico para eliminar compuestos orgánicos y grafito. Esta ruta (Figura 3.9) incluye:

- Separación mecánica (desensamblaje) y separación de metales en estado de oxidación cero (Cu, Al), separador (plástico), conectores (otros metales).
- Los materiales del cátodo se trituran y se añaden a un disolvente que separa el aluminio, dejando el óxido de este metal suspendido en la solución. El disolvente puede recuperarse con una eficiencia de ~80%.



Figura 3.9 Esquema del modelo de reciclaje

- Después de aislar y secar el residuo de polvo de cátodo, los metales de transición se pueden lixiviar con ácido. Recientemente, se han utilizado ácidos menos problemáticos para el medio ambiente en el proceso de lixiviación, incluyendo algunos ácidos orgánicos. Los metales se precipitan en forma de sales (hasta un 90% de recuperación de Ni, Co, Li).

Como método de reciclaje, los procesos hidrometalúrgicos proporcionan una alta eficiencia de recuperación de metales con una alta pureza y menos consumo de energía en comparación con los procesos pirometalúrgicos.

3.6.5 Método de Reciclado para Baterías por Lixiviación

1. Descarga de batería

Las baterías se sumergen en una solución salina (con sal común) durante 24 horas, produciéndose la descarga mediante la generación de una corriente eléctrica entre los terminales positivo y negativo de cada batería sumergida (Figura 3.10).



Figura 3.10 Descarga de baterías en disolución de NaCl

Tomado de: (Valenzuela, Quintana-Cortado, Rojas, & Segovia, 2022)

2. Desensamblaje de las baterías

Las baterías de celular son baterías tipo prismáticas. En la (figura 3.11) se muestra la separación de los componentes de la batería de un celular.



Figura 3.11 BIL desarmada donde de arriba hacia abajo puede verse: ánodo, separador y cátodo.

Tomado de: (Valenzuela, Quintana-Cortado, Rojas, & Segovia, 2022)

3. Separación física y química de los materiales

a) Recuperación de elementos de interés del ánodo: El ánodo se sumerge en agua para separar el cobre del grafito. Este proceso es muy rápido (5 horas) y se recupera el 100% de Cu retirándolo del “reactor”. El grafito se recupera por filtración, se seca y se almacena. El agua también es recuperada y utilizada para un siguiente set de ánodos.

b) Recuperación del separador: El separador se recupera en su mayoría limpio y no requiere de tratamiento adicional; luego se almacena para posterior aplicación, por ejemplo, como combustible en pirolisis para generar energía.

Pirolisis: La pirolisis es una degradación térmica de una sustancia en ausencia de oxígeno, por lo que dichas sustancias se descomponen mediante calor, sin que se produzcan las reacciones de combustión.

c) Lixiviación de Aluminio y Metales de Transición: El cátodo se sumerge en una solución de NaOH para disolver el aluminio metálico y liberar el material del cátodo (LCO o NCM) insoluble. El proceso de disolución del Aluminio toma solo unos minutos (15 minutos). De la suspensión resultante, por filtración se recuperan los óxidos metálicos, se lavan con agua destilada y se secan a 100°C por 24h (recuperación 100%). Luego se Calcina a 700 °C por 5 horas para eliminar residuos orgánicos (Binder, restos de separador y el electrolito). La solución rica en Aluminio se concentra y se precipita el Al (OH)₃.

4. Lixiviación acida de material de cátodo

El proceso de lixiviación se lleva a cabo sumergiendo el material del cátodo en una solución de Ácido Cítrico con Peróxido de Hidrogeno, aplicando temperatura y agitación constante. Al terminar el proceso de lixiviación se filtra la solución para separar el material rico en metales como lo son Litio y Cobalto.

5. Recuperación de metales en forma de sales

Al líquido obtenido a partir de la lixiviación con Ácido Cítrico se procede a realizar la adición de Ácido Oxálico para producir la precipitación de los oxalatos metálicos y la regeneración del ácido Cítrico. Obteniéndose un producto de oxalatos metálicos, en estas condiciones el Litio permanece en disolución. Para recuperarlo, se concentra la disolución y luego se enfría, precipitando el oxalato de Litio.

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1 ABORDAJE DEL PROBLEMA

4.1.2 Diseño de un Modelo de Economía Circular en el sector de Smartphones en el Estado de Tlaxcala.

Para abordar la formulación de mi problema sobre la aplicación de la economía circular en el sector de smartphones para reducir la contaminación en el estado de Tlaxcala y generar impactos positivos económicos y ambientales, se propone tomar como referencia el modelo de negocio sostenible que presenta la empresa holandesa Fairphone, la cual aplica una estrategia clave para integrar smartphones más eco amigables y éticos.

Su modelo de negocio con énfasis en la durabilidad, la transparencia y el reciclaje, podría ser atractivo para un mercado como Tlaxcala, México, donde la conciencia ambiental y la responsabilidad social están en aumento.

Este modelo se basa en los principios de la economía circular, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental y social de la producción y el consumo de dispositivos móviles.

Principios de la Economía Circular que Fairphone aplica en su modelo de negocio:

- **Diseño para la durabilidad:** Los teléfonos Fairphone se diseñan con componentes modulares que son fáciles de reparar y actualizar, lo que prolonga la vida útil de los smartphones.
- **Materiales sostenibles:** Fairphone utiliza materiales sostenibles y reciclados, como aluminio reciclado y minerales extraídos de forma ética, ya que, son minerales no extraídos en zona de escasez.
- **Transparencia:** La empresa es transparente sobre sus prácticas de producción y suministro, publicando información sobre el origen de sus materiales, las condiciones de trabajo de sus proveedores y el impacto ambiental de sus productos.

Para facilitar la exportación de teléfonos Fairphone a México, el tratado de libre comercio entre México y la Unión europea (TLCUEM) ha eliminado la mayoría de los aranceles sobre las mercancías que se comercian entre ambos países.

Organizaciones y asociaciones que pueden ser aliadas para Fairphone en México.

- Organizaciones ambientales:

Organizaciones como Greenpeace México y WWF México abogan por la sostenibilidad ambiental y podrían ser aliadas estratégicas para Fairphone. Fairphone podría colaborar con estas organizaciones para promover su enfoque ético y sostenible en la fabricación de teléfonos.

- Organizaciones de consumidores:

Organizaciones como Profeco y el poder del consumidor se enfocan en la protección de los derechos del consumidor y la promoción de prácticas comerciales responsables. Fairphone podría trabajar con estas organizaciones para educar a los consumidores sobre la importancia de la sostenibilidad y la ética en la fabricación de teléfonos.

- Organizaciones de Responsabilidad Social Empresarial (RSE):

Organizaciones como CEMEFI (Centro Mexicano para la Filantropía) y Alianza por la Responsabilidad Social Empresarial promueven la RSE en México. Fairphone podría colaborar con estas organizaciones para obtener reconocimiento por sus prácticas éticas y sostenibles. Esto para conectar con empresas mexicanas que compartan sus valores.

- Universidad e Institutos de investigación:

Universidades como el Instituto Tecnológico de Monterrey y la Universidad Nacional Autónoma de México tienen programas de investigación y desarrollo en áreas relacionadas con la sostenibilidad y tecnología. Fairphone podría colaborar con estos institutos para realizar estudios de mercado, promover la innovación tecnológica sostenible y desarrollar programas de educación y capacitación

Permisos requeridos para la venta de smartphones Fairphone.

1. Permisos de operación comercial.
 - Licencia de funcionamiento: Se requiere una licencia de funcionamiento comercial del Gobierno local para operar un negocio que venda productos al público.
 - Permiso de uso de suelo: Es necesario obtener un permiso de uso de suelo del gobierno local para garantizar que el lugar elegido para el punto de venta esté autorizado para uso comercial.
 - Registro ante el SAT: El registro ante el Servicio de Administración Tributaria es obligatorio para obtener el RFC y poder emitir facturas.
2. Permisos específicos para la venta de teléfonos.
 - Autorización de la STPS: Si se contrata personal, se necesita la autorización de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social para cumplir con las normas laborales mexicanas.
 - Permiso de la COFEPRIS: Es posible que se requiera un permiso de la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios si se venden dispositivos electrónicos que pueden ser considerados como productos de riesgo.
 - Permiso de la IFT: Si se ofrecen servicios de telecomunicaciones, como la venta de planes de telefonía móvil, se necesita un permiso del Instituto Federal de telecomunicaciones (IFT).

Principales proveedores potenciales para Fairphone.

1. Fabricación y ensamblaje:

- Empresas mexicanas con experiencia en electrónica: Fairphone podría buscar empresas mexicanas con experiencia en la fabricación y ensamblaje de dispositivos electrónicos, especialmente si buscan promover la producción local y la creación de empleos en México.
- Empresas de maquiladora: Las empresas de maquiladora en México tienen experiencia en la producción de componentes electrónicos para grandes empresas. Fairphone podría considerar usar estas empresas para la fabricación de algunos componentes de sus teléfonos.
- Empresas con certificaciones ambientales: Fairphone podría buscar empresas con certificaciones ambientales, como ISO 14001, para garantizar que sus proveedores cumplan con sus estándares de sostenibilidad.

2. Componentes y materiales:

- Proveedores de componentes electrónicos: Fairphone necesitaría proveedores de componentes electrónicos, como procesadores, memorias, pantallas, baterías y cámaras. Estos proveedores podrían ser empresas mexicanas o internacionales con presencia en México.
- Proveedores de materiales reciclados: Fairphone se enfoca en el uso de materiales reciclados, por lo que necesitaría proveedores de materiales reciclados como aluminio, plástico y vidrio. En México existen empresas que se dedican al reciclaje de estos materiales.
- Proveedores de materiales sostenibles: Fairphone también busca materiales sostenibles, como minerales extraídos de forma ética. Podrían considerar proveedores que cumplan con los estándares internacionales de minería responsable.

3. Logística y distribución:

- Empresas de logística y transporte: La empresa necesitaría empresas de logística y transporte para el movimiento de componentes, productos terminados y materiales reciclados. En México existen empresas especializadas en logística y transporte internacional.
- Empresas de almacenamiento: Se requieren empresas de almacenamiento para la gestión de inventarios de componentes y productos terminados. En México hay empresas que ofrecen servicios de almacenamiento y distribución.

Que componentes se pueden reemplazar en Smartphones Fairphone.

Los smartphones de Fairphone se diseñan con modularidad en mente, lo que significa que muchos de sus componentes se pueden reemplazar fácilmente. Esto facilita la reparación, la actualización y la extensión de la vida útil del dispositivo. Los componentes modulares que se pueden reemplazar en los smartphones Fairphone son:

- **Pantalla:** La pantalla es una de las piezas más susceptibles a daños, pero los teléfonos Fairphone se puede reemplazar fácilmente.
- **Batería:** La batería es otra pieza que se desgasta con el tiempo. Los teléfonos Fairphone permiten reemplazar la batería de forma sencilla, lo que prolonga la vida útil del dispositivo.
- **Cámara:** Si la Cámara del teléfono se daña se puede reemplazar sin tener que cambiar todo el teléfono.
- **Altavoces y micrófono:** Los altavoces y el micrófono también son componentes que se pueden reemplazar fácilmente.
- **Puerto USB:** El puerto USB es un punto de acceso crucial para cargar el teléfono y transferir datos. En caso de daño, se puede reemplazar fácilmente.
- **Carcasa trasera:** La carcasa trasera del teléfono se puede reemplazar para personalizar el aspecto del dispositivo o para reparar daños.
- **Módulos adicionales:** Fairphone también ofrece módulos adicionales que se pueden conectar al teléfono para ampliar sus funcionalidades. Estos módulos pueden incluir funciones como NFC, carga inalámbrica o conectividad adicional.

4.2 PROPUESTA DE DISEÑO CON UN ENFOQUE CIRCULAR.

Para el diseño del modelo de economía circular se propone lo siguiente:

1. **Diseño sostenible:** Promover el diseño de smartphones modulares que permitan la fácil reparación y actualización de componentes, prolongando así la vida útil de los dispositivos.
2. **Reciclaje y reutilización:** Establecer programas de recolección y reciclaje de smartphones usados para recuperar materiales valiosos y reducir la generación de residuos electrónicos.
3. **Economía colaborativa:** Fomentar plataformas de intercambio y reventa de smartphones usados para alargar su vida útil y reducir la demanda de nuevos dispositivos.

4. **Educación y concienciación:** Implementar campañas de sensibilización sobre la importancia de la economía circular en el sector de smartphones, involucrando a la comunidad y a las empresas locales.
5. **Colaboración público-privada:** Trabajar en conjunto con empresas, instituciones gubernamentales y organizaciones para implementar políticas y acciones que impulse la economía circular en el sector de smartphones en Tlaxcala.

Diseño modular para smartphones

La implementación de un diseño modular en los smartphones permitirá a los usuarios reparar y reemplazar fácilmente componentes individuales, prolongando la vida útil de los dispositivos y reduciendo la generación de desechos electrónicos.

Además, el diseño modular fomenta la economía circular al promover la circularidad de los materiales. Al final de la vida útil de un smartphone los componentes modulares pueden ser fácilmente desmontados y reintegrados en la cadena de valor, evitando así que se conviertan en desechos contaminantes. Al integrar esta práctica en la producción y consumo de dispositivos móviles, se abre la puerta a un futuro más responsable y consciente con el entorno.

¿Qué hace a este tipo de diseño circular?

A continuación, se detallan algunas formas en las que este tipo de servicio de arrendamiento puede contribuir a la economía circular:

1. **Reparabilidad:** La capacidad de desmontar y reemplazar fácilmente componentes individuales en un smartphone modular permite que los dispositivos sean reparados en lugar de ser desechados cuando presentan fallas. Esto prolonga la vida útil de los dispositivos y reduce la generación de residuos electrónicos.
2. **Actualización:** Los smartphones modulares permiten a los usuarios actualizar componentes específicos, como la cámara, la batería, altavoces o micrófono sin necesidad de cambiar todo el dispositivo. Esto fomenta la prolongación de la vida útil de los smartphones al adaptarlos a las necesidades cambiantes de los usuarios.
3. **Reutilización de componentes:** Al facilitar la extracción y reutilización de componentes de desuso, el diseño modular promueve la circularidad de los materiales. Los componentes recuperados pueden ser reintegrados en la cadena de producción para fabricar nuevos dispositivos o para otros fines, reduciendo la necesidad de recursos vírgenes.

Este diseño promueve la prolongación de la vida útil de los dispositivos, reduciendo la generación de residuos electrónicos y fomentando la reutilización de materiales.

Diseño sobre educación y conciencia

El diseño centrado en la educación y conciencia para la población es fundamental para promover prácticas sostenibles en el uso y disposición de los smartphones. A través de campañas educativas, talleres y programas de sensibilización, se puede informar a las comunidades sobre la importancia de participar o colaborar en una economía circular concientizándolos sobre cómo pueden contribuir a ella mediante el uso y desecho responsable de sus dispositivos. Como la reparación de dispositivos en lugar de comprar nuevos constantemente.

¿Qué hace a este tipo de diseño circular?

1. Promoción de la circularidad de los recursos: Al educar a la población sobre la importancia de la sostenibilidad y la economía circular se fomenta la conciencia sobre la necesidad de utilizar los recursos de manera eficiente, reutilizar materiales y componentes, así como, reciclar adecuadamente los dispositivos al final de su vida útil.
2. Reducción de residuos: La educación y conciencia sobre la economía circular en el sector de smartphones contribuyen a la reducción de residuos electrónicos al incentivar prácticas como la reutilización, el reciclaje y la reparación de dispositivos. Esto ayuda a minimizar la generación de desechos y a maximizar la vida útil de los smartphones.
3. Generación de conciencia ambiental: El diseño centrado en la educación y conciencia para la población, crea una mayor conciencia ambiental y social sobre los impactos de la producción, uso y disposición de los smartphones. Esto promueve una cultura de responsabilidad ambiental y fomenta la adopción de comportamientos más sostenibles a la sociedad.

Este diseño incluye información sobre la importancia en la sostenibilidad, la correcta gestión de los dispositivos al final de su vida útil y la promoción de prácticas responsables en el uso y disposición de los smartphones.

Diseño de un plan de logística inversa (Leasing) de smartphones.

La implementación de un plan de logística inversa para smartphones facilita la recolección, el reciclaje y la reutilización de los dispositivos al finalizar su vida útil. Este enfoque garantiza que los materiales y componentes de los smartphones sean recuperados de manera eficiente y reintegrados en la cadena de valor, reduciendo así el impacto ambiental, y promoviendo la circularidad de los recursos.

Este diseño de modelo para una opción circular en smartphones es que; en lugar de comprar un smartphone directamente, se paga una tarifa mensual por el servicio y el uso del dispositivo. Al final del periodo de arrendamiento, generalmente después de uno o dos años, el usuario tiene la opción de devolver el dispositivo y obtener uno nuevo más actualizado.

Esto en gran ventaja proporciona la flexibilidad de cambiar a un nuevo smartphone al finalizar el periodo de arrendamiento, lo que puede ser atractivo para aquellos que desean estar siempre

actualizados con los últimos modelos de smartphone. El lado más positivo, es para ambas partes; la empresa obtiene nuevamente materiales y piezas para seguir siendo utilizadas reduciendo costos de extracción para nuevos materiales y el usuario obtiene un nuevo equipo actualizado, más rápido, más estético y en su defecto con un precio menor o igual a comprarlo de manera permanente para al final desecharlo, lo que conllevaría a pérdidas económicas, una alta contaminación ambiental y si no se maneja de manera apropiada a problemas de salud en el ser humano.

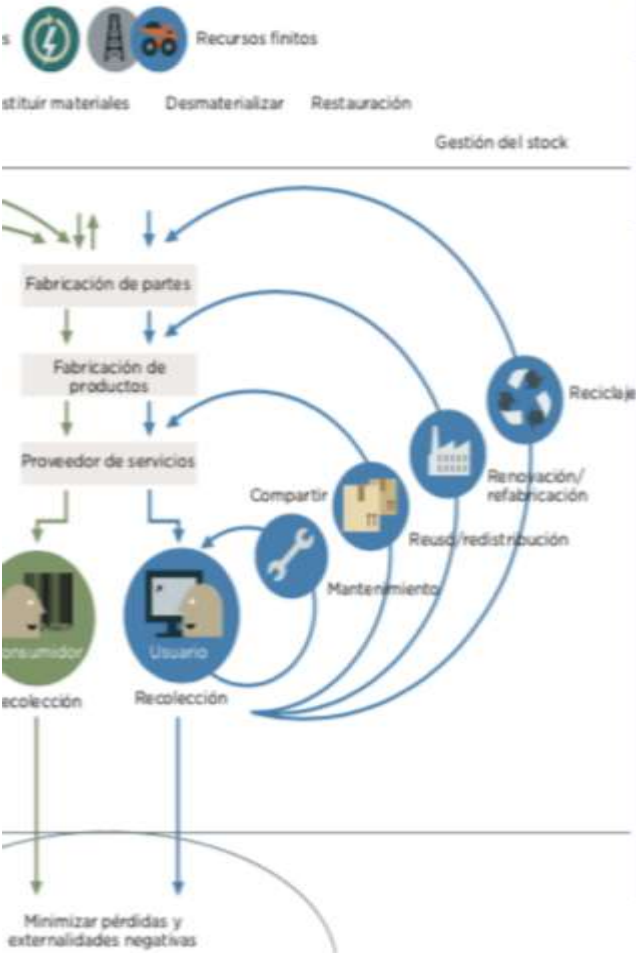
¿Qué hace a este tipo de diseño circular?

A continuación, se detallan algunas formas en las que este tipo de servicio de arrendamiento puede contribuir a la economía circular:

1. Prolongación de la vida útil: Al permitir a los usuarios cambiar sus smartphones por modelos más nuevos al final del periodo de arrendamiento, se fomenta la prolongación de la vida útil de los dispositivos. Esto reduce la generación de residuos electrónicos y promueve la reutilización de los teléfonos usados.
2. Reutilización de dispositivos: Los teléfonos devueltos al final del arrendamiento pueden ser reacondicionados y revendidos. Lo que contribuye a la reutilización de dispositivos y evita que terminen en vertederos.
3. Recuperación de los materiales: Al recoger los teléfonos usados al final del periodo de arrendamiento, se puede recuperar y reciclar materiales valiosos de los dispositivos, como metales y plásticos, siguiendo principios de economía circular.

El diseño de un plan de logística inversa eficiente para la recolección, desmontaje y reciclaje de smartphones al final de su vida útil, garantiza la recuperación de materiales valiosos, la reducción de residuos y la minimización de la contaminación ambiental.

4.3 MODELO DE MARIPOSA PARA ECONOMÍA CIRCULAR EN SMARTPHONES.



Concepto circular del diagrama de mariposa	Compartir/Mantenimiento	Reuso/Redistribución	Renovación/Refabricación	Reciclaje
Principios de la economía circular que aplican:	1. Preservar y mejorar el capital natural equilibrando los flujos de recursos renovables. 3. Optimizar recursos. 7. Promover la reparación, arreglar los productos para darles una segunda vida, en lugar de desecharlos y comprar otros nuevos.	5. Redistribuir los productos que ya no tienen su funcionalidad total al círculo económico para darles otra vida. 6. Reducir los residuos a parte de los recursos, que realmente pueden funcionar.	4. Restaurar el ciclo a la producción. Hacer por servicio y no por producto.	2. Poner en práctica la eco-concepción: tener en cuenta los impactos medioambientales a lo largo del ciclo de vida del producto desde su creación. 8. El reciclaje es uno de los pilares de la economía circular para aprovechar los materiales que se encuentran en los residuos.
	Diseño sobre educación y conciencia: • Generación de conciencia ambiental. El diseño centrado en educación y conciencia para la población crea una mayor conciencia ambiental y social sobre los impactos de la producción, uso y disposición de los smartphones. Esto fomenta la adopción de comportamientos más sostenibles: no comprar, compartir. Diseño modular: • Durabilidad Smartphones modulares y hechos para durar contribuyen a reducir la necesidad de reemplazar nuevos recursos y disminuir el impacto ambiental por medio de "compartir" en este caso reusar y redistribuir por los mismos usuarios. • Reparabilidad Al tener la capacidad de desmontar y reemplazar fácilmente componentes individuales en un smartphone modular permite que los dispositivos sean reparados fácilmente por los usuarios en lugar de ser desechados.	Diseño modular: • Actualización. Los smartphones modulares permiten a los usuarios actualizar componentes específicos, como la cámara, la batería o el procesador, sin necesidad de cambiar todo el dispositivo, lo que fomenta la protección de la vida útil. • Reutilización de componentes. Los componentes recuperados pueden ser reintegrados en la cadena de producción para fabricar nuevos dispositivos o para otros fines, reduciendo la necesidad de recursos vírgenes. Diseño sobre educación y conciencia: • Economía colaborativa. Fomentar plataformas de intercambio y venta de smartphones usados para alargar su vida útil y reducir la demanda de nuevos dispositivos. Diseño de un plan de logística inversa: • Recuperación de los materiales. Al final de un periodo de almacenamiento se pueden recuperar y reutilizar materiales, valores, así como métodos y patrones siguiendo los principios de economía circular para nuevos smartphones o otros nuevos dispositivos.	Diseño de un plan de logística inversa (Swapping) para smartphones: • Diseño de crédito para un equipo nuevo. Obtener un crédito por el valor de los dispositivos actual y usado para comprar uno nuevo. Un equipo de especialistas creará o venderá los dispositivos usados o si no es apto para crédito, se puede recibir un crédito. • Actualización de Software y Hardware. Actualizar el software y hardware de los dispositivos para garantizar su compatibilidad con los últimos tecnologías. • Recuperación de materiales. Smartphones desmontados al final de un plan de almacenamiento para ser recondicionados y vendidos, estando que también se reutilizan.	Diseño sobre educación y conciencia: • Promoción de la circularidad de los recursos. Al educar a la población se fomenta la conciencia sobre la necesidad de reducir drásticamente los dispositivos al final de su vida útil. Fomenta sobre beneficios ecológicos asociados por reciclaje de smartphones. • Reciclaje y modificación. Establecer programas de recolección y reciclaje. Centros de acapilado de smartphones usados para recuperar materiales valiosos y reducir la generación de residuos electrónicos.

Recuperado de: Elaboración propia.

4.4 MODELO DE NEGOCIO CANVAS PARA ECONOMÍA CIRCULAR EN SMARTPHONES



Recuperado de: Elaboración propia.

CAPITULO V. CONCLUSIONES

Para finalizar mi investigación debo expresar, que antes de realizar este trabajo la mentalidad que tenía sobre el mundo de los smartphones era bastante limitada y superficial, se me hacía bastante fácil que, si mi smartphone dejaba de funcionar por completo o se dañaba un módulo en particular, era mucho mejor comprar uno nuevo y ponerle fin a mi problema. Pero esto no es así de fácil desde un punto de vista más consciente y humano, detrás de cada dispositivo que llega a nuestras manos, existen condiciones inhumanas, gran explotación laboral y de nuestros recursos naturales, hemos llevado el consumo de recursos de nuestro planeta Tierra fuera de los límites planetarios, me atrevo a decir que por muchos años en descontrol a falta de información para hacer conciencia de ello, por eso es importante la economía circular aplicada a los productos, en este caso para los smartphones, aprovechando así los materiales y componentes para que puedan reutilizarse, repararse o re manufacturarse. Ya no podemos darnos el lujo de seguir desperdiciando recursos, lo mejor que podemos hacer ahora es mantenerlos en la economía para reducir el daño a nuestros ecosistemas.

Entonces la economía circular no es solo reciclar, es más allá, desde una nueva forma de diseñar, fabricar y usar cosas dentro de los límites planetarios. Cambiar el sistema involucra a todos y todo, desde empresas, gobiernos e individuos; nuestras ciudades, nuestros productos y nuestros trabajos. Al eliminar los desechos y la contaminación, mantener los productos y materiales en uso y regenerar los sistemas naturales, podemos reinventar todo para darle a nuestro planeta la oportunidad de regenerar sus valiosos recursos naturales. En conclusión, con los modelos presentados y la información sobre el impacto crítico ambiental, espero sea de gran ayuda al lector, para poder identificar oportunidades, así pues, como de negocio, como para formar parte del cambio que necesitamos en una nueva transformación para la industria.

Se estima que actualmente, hay más celulares en el planeta que personas.

Cuando un teléfono llega a nuestras manos, significa que pasó por un viaje que involucra una intensiva extracción de recursos, condiciones de trabajo inhumanas y emisiones peligrosas. A pesar de esto la industria crece en torno a la venta de la siguiente innovación, así que se desechan más teléfonos tras solo dos o tres años, y terminan en un cajón o de manera masiva en un vertedero. El cuidado de la gente y del planeta debería ser parte natural del negocio, donde se hagan productos duraderos y pensemos en cuanto a los recursos, en lugar del desperdicio.

Quiero hacer una muy fuerte referencia al decir que el smartphone más sustentable es el que tenemos ahora en nuestras manos, porque en cada uno de nosotros esta, hacer la diferencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Belda Heríz, I. (2022). *Acerca de nosotros: eco circular*. Obtenido de eco circular: <https://eco-circular.com>
2. Cárdenas Guzmán, G. (2024). *Economía Circular. ¿Cómo ves? Divulgación de la ciencia UNAM*, 230. Obtenido de <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/230/economia-circular>
3. Procuraduría Federal del Consumidor. (2019). *Obsolescencia programada: diseñados para morir*. Obtenido de <https://www.gob.mx/profeco/es/articulos/obsolescencia-programada-disenados-para-morir?idiom=es----->
4. Real dreams FOUNDATION. (2024). *Acerca de nosotros: donalo.org*. Obtenido de donalo.org: <https://donalo.org>
5. Millán, Víctor. (2018). *Hipertextual. El tamaño importa: por qué los smartphones contaminan cada vez mas el planeta*. Obtenido de <https://hipertextual.com/2018/05/smartphones-contaminan-planeta>
6. Williams, Alan. (2019). University of Plymouth. *Scientists use a blender to reveal what's in our smartphones*. Obtenido de <https://www.plymouth.ac.uk/news/scientists-use-a-blender-to-reveal-whats-in-our-smartphones>
7. CGE Tlaxcala (2013). *Gobierno del estado de Tlaxcala: Coordinación general de ecología*. Obtenido de <http://sma.tlaxcala.gob.mx/prograpo.html>
8. MacArthur, Ellen. (2022). *ELLEN MACARTHUR FOUNDATION: Colección de ejemplos circulares: Grandes ideas*. Obtenido de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/coleccion-de-ejemplos-circulares-grandes-ideas>

9. García, Ylenia. (2023) *Revista FAECO sapiens: El Lienzo de modelo de negocios o modelo CANVAS: Herramienta para emprendedores*. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/journal/221/2213811033/>
10. Valenzuela, M. L., Quintana-Contardo, S. Rojas, R. & Segovia, M. (2022). *RECICLAJE DE BATERIAS DE LITIO: UNA REALIDAD PARA LA ELECTROMIVILIDAD DE CHILE*. Proyecto de titulación. Instituto de Ciencias Químicas Aplicadas, Grupo de Investigación en Energía y Procesos Sustentables, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Química y Farmacia.
11. Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adapta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
12. Global Footprint Network. (2024). *Earth Overshoot Day*. Recuperado de: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/earth-overshoot-day/>
13. Consejo de la Unión Europea. (2024). *Pacto Verde Europeo*. Recuperado de: <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/>
14. INEGI. (2023). *Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH) 2023*. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/endutih/2023/>
15. Diario Oficial de la Federación. (2021). *Norma Oficial Mexicana NOM-054-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-ECOL-1993*.
16. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2006). *Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT.2005, que establece las características, el procedimiento de identificación clasificación y los listados de los residuos peligrosos*. Segunda Sección.
17. Instituto Nacional de Perinatología. (2011). *MANUAL PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS DE TIPO QUIMICO (CRETI)*.

18. Universidad Iberoamericana CDMX. (2022). *GUIA PARA LA IDENTIFICACION DE RESIDUOS PELIGROSOS*. Colibrí Soluciones Ambientales S.A de C.V.
19. Earth & Life University. (2022). *Guía Paso a Paso para la Economía Circular*. Recuperado de: <https://earthuniversity.edu.mx/como-implementar-el-diagrama-de-mariposa/>
20. Baldé, C. Kuehr, R. Yamamoto, T. McDonald, R. D'Angelo, E. Althaf, S. Bel, G. Deubzer, O. Fernandez, E. Forti, V. Gray, V. Herat, S. Honda, S. Lattoni, G. Khatriwal, D. Cortemiglia, V. Lobuntsova, Y. Nnorom, I. Pralat, N. Wagner, M. (2024). *The Global E-Waste Monitor 2024*. <https://api.globalewaste.org/publications/file/297/Global-E-waste-Monitor-2024.pdf>
21. Organización Internacional de Trabajo. (2019). *Trabajo decente en la gestión de los desechos eléctricos y electrónicos*. Recuperado de: https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_dialogue/@sector/documents/publication/wcms_673666.pdf
22. Diaz, C. Sime, L. (2009). *La explicación de la metodología de investigación*. Pontifica universidad católica del Perú cultura investigadora. Pág. 8.
23. Navarro, L. (2021). *Estudio de Caso – Fairphone: Construir un teléfono móvil social y ambientalmente responsable, y que dure más*. Recuperado de: <https://circulartech.apc.org/books/una-guia-sobre-la-economia-circular-de-los-dispositivos-digitales/page/estudio-de-caso-fairphone-construir-un-telefono-movil-social-y-ambientalmente-responsable-y-que-dure-mas>