

Modelos de negocio circulares para el Sector Eléctrico y Electrónico y RAEE. Medidas para su difusión e implementación en México

Circular business models for the electrical and electronics equipment and e-waste sector. Measures for their dissemination and implementation in Mexico

Sugey de Jesús López Pérez^{1,a} 

¹ Economía Financiera y Contabilidad. Universidad de Vigo, Campus universitario s/n, 36310, Vigo, Pontevedra, España



asugeyjesus.lopez@uvigo.gal

Recibido: 18/Octubre/2023; Aceptado: 04/Febrero/2024

Resumen

Se destaca la importancia de los modelos de negocio con el enfoque de la Economía Circular (EC) para cambiar las dinámicas dañinas que subyacen en la cadena de valor del sector Eléctrico y Electrónico y reducir los residuos. El objetivo es identificar medidas, particularmente financieras y fiscales, acordes para el diseño y difusión de modelos de negocios circulares (MNC) en México. Se utilizó la metodología del *Policy Package*. El procedimiento consiste en la revisión de la literatura y un diagnóstico sectorial y de la regulación ambiental, diseño de medidas y su contraste para formular el paquete de medidas integrales. Se concluye que la alineación sistémica de EC en la regulación ambiental mexicana es un paso necesario para reorientar pautas de producción y consumo sustentables. Es posible implementar MNC con un adecuado interfaz y sinergias entre las estrategias gubernamentales y el sector empresarial en las diferentes fases de la cadena de valor de este sector. Particularmente, las medidas fiscales y financieras influyen en el comportamiento de los agentes, para la inversión, de ahorro y en sus provisiones de costes y gastos, pudiendo orientar con ello los patrones de circularidad.

Palabras clave: Modelos de negocio circulares; Sector eléctrico y electrónico; Residuos electrónicos; Paquete de políticas para la economía circular; Medidas fiscales y financieras; México.

Abstract

This paper highlights the importance of business models with a Circular Economy (CE) approach to change the harmful dynamics underlying the value chain of the Electrical and Electronics sector and to reduce waste. The objective is to identify measures, particularly financial and fiscal ones, which are suitable to design and disseminate Circular Business Models (CBMs) in Mexico. The *policy package* methodology has been used, whose procedure includes a literature review and a sectoral and environmental regulation diagnosis, as well as a plan of measures along with comparisons in order for there to be a comprehensive package. A conclusion drawn is that the systemic alignment of CE in Mexican environmental regulation is a necessary step to redirect sustainable production and consumption patterns. It is possible to implement CBMs with an adequate interface and synergies between government and business sector strategies at the different stages of the Electrical and Electronic Equipment (EEE) value chain. In particular, tax and financial measures influence agents' investment and savings behavior and their cost and expenditure provisions and can thus guide circularity patterns.

Keywords: Circular business models; Electrical and electronic sector; E-waste; Circular economy *Policy Package*; Fiscal and financial measures; Mexico.

JEL: L63; L88; M21; H23; Q53.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación por residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (en adelante, RAEE) son el flujo de residuos de más rápido crecimiento en el mundo (World Economic Forum [WEF] 2019). En el año 2019, alcanzó los 53.6 millones de toneladas métricas (Mt), aproximadamente una media de 7.3 kg per cápita, de los cuales se calcula que solo el 17,4% se recogió y recicló adecuadamente (Forti et al., 2020). El 82% de basura electrónica no gestionada (o mal gestionada) es un problema sustancial para los entornos ecológicos y, por sus contenidos tóxicos, para afectaciones de tipo sanitarios (Organización Mundial de la Salud, 2022). Según Forti et al. (2020), de continuar con ese ritmo, se prevé que esta cifra aumente en 74.7 Mt para el año 2030. Según el informe del WEF (2019, p. 10) “para el año 2050 podría situarse en 120 Mt”.

En este serio problema global de contaminación y sanitario por residuos electrónicos, México se ubica en el undécimo lugar mundial y tercer puesto del continente americano (con cifras de 1,220 Kilotones (Kt) generados en 2019), por detrás de Estados Unidos (EE.UU.) (6,918 kt) y Brasil (2,143 kt) (Forti et al., 2020, p. 72; García & Manske, 2019, p. 42). La suma de estos tres países americanos supera a la cifra alcanzada por China (10,281 kt vs 10,129 kt), cuyo país se ubica como el mayor generador de RAEE en el mundo, con una población que supera en un 50% a la alcanzada entre EE. UU., México y Brasil. En cuanto a la recogida y reciclaje de los RAEE, México gestiona (conforme a normativa) menos del 3% del total de basura electrónica generada (Forti et al., 2020), por lo que 854 kt de RAEE corresponden a basura electrónica no regulada, extendiendo con ello severos daños ecológicos y de salud, que afectan especialmente a los sectores sociales más vulnerables.

La reducción de esta contaminación conlleva muchos retos dada la complejidad del sistema económico, el papel clave del sector de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) en todos los ámbitos de la vida, la innovación continua, la competitividad y búsqueda de beneficios que guían todos los procesos industriales, modelos de negocio (MN), agentes (sus necesidades y objetivos) y políticas. Todo ello, favorece el constante aumento de la producción y consumo de AEE, que, al cumplirse el ciclo de vida, marcado por la obsolescencia, da lugar al problema de acumulación de los residuos.

En las últimas décadas, se vienen desarrollando posibles caminos para redefinir los procesos y las reglas en el diseño de los productos, la comercialización y el problema de los residuos. La transición hacia la economía circular (EC) es un camino que tiene en cuenta la sustitución de “fin de vida” por alternativas diversas que mejoren el funcionamiento del ciclo de vida de inputs y outputs de los productos para minimizar el impacto ambiental y facilitar la gestión de los residuos. Este es el caso de los Modelos de Negocios Circulares (MNC). El enfoque sistémico de la EC conlleva intervenir en todas las fases de la cadena de valor y en los métodos que subyacen dentro de estas para cambiarlos por un modelo de producción y consumo que, como sugiere Vence (2023), fluya, idealmente, maximizando su valor y en ciclos de reutilización perpetua, relativamente autosostenible, salvaguardando los impactos ambientales a lo largo de toda la cadena, minimizando la extracción de nuevos recursos y la generación de residuos.

El marco legal e institucional (sistémico e integral) de EC es un nexo clave entre los participantes y elementos que integran el sistema económico. En México, instituciones ecológicas como la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), han señalado la importancia de avanzar en el marco regulatorio ambiental mexicano con el propósito de concebir la legislación ambiental como mecanismo complementario de un sistema económico sustentable que transite

hacia un modelo de desarrollo de economía circular (INECC, 2021a). A pesar ello, los avances a nivel nacional en materia de EC son modestos y avanzan lentamente.

Partimos del supuesto de que el MNC es la actividad o el servicio que tiene en cuenta los principios de EC, en una parte o en toda la cadena de valor de la empresa/sector, y que para lograr su difusión es conveniente la implementación de estrategias que integren de forma coherente una pluralidad de instrumentos. La hipótesis es que, de esa pluralidad de instrumentos, las medidas de tipo fiscal y financiero son las que presentan mayor potencialidad. El objetivo consiste en identificar estrategias, particularmente financieras y fiscales, que favorezcan la difusión de MNC en el sector AEE y RAEE en México. Las estrategias se diseñan a partir de una adaptación de la metodología *Policy Package* (Givoni et al, 2013).

El artículo contiene cinco apartados, además de esta introducción. En el segundo, se incorpora la revisión de la literatura sobre los MNC, y destaca los factores que facilitan su puesta en marcha, así como las barreras que los bloquean. En el tercero, se expone la metodología. En el cuarto, se realiza un diagnóstico de la cadena de valor AEE y los residuos AEE, de donde se obtiene la versión sintética de los factores condicionantes o pre-requisitos mínimos necesarios para implementar los MNC en la cadena de valor del sector AEE (mexicano). El apartado cinco, presenta las estrategias obtenidas, conforme el grado de oportunidad/potencialidad de las estrategias para el diseño y difusión de actividades circulares en el sector AEE y, finalmente, en el seis se exponen las conclusiones.

2. ECONOMÍA CIRCULAR Y MODELOS DE NEGOCIO

Salvaguardar la limitada capacidad de carga planetaria sería el proyecto genuino de la economía circular. Como visión transformadora, la economía circular depende del conjunto de un gran número de esfuerzos y de estrategias sistémicas capaces de transformar(nos) en un modelo de producción y consumo de flujo circular, suficiente para alejarse de la dependencia de la base material (extractivismo dañino), del uso intensivo de recursos críticos, del sobreconsumo y de la contaminación (por emisiones de CO₂, gases diversos, efluentes, productos químicos dañinos y residuos) (Vence, 2023). En esa visión transformadora, concurren diversas dimensiones y propuestas¹ emergentes que procuran aportar soluciones y nuevos desarrollos e innovaciones para que sea posible la transición hacia una economía circular, desde el nivel micro al nivel sistémico, desde la producción al consumo y posconsumo, en el ámbito privado y el público.

Para la Ellen MacArthur Foundation [EMF] (2013), la EC es un sistema industrial que desde la etapa de diseño de los productos, está pensado para que, en cada paso del proceso de producción, además de renovable y no dañino, se asegure sustituir el concepto de fin de vida por el de restauración, punto en donde tendrán lugar los flujos continuos de la EC: ciclos técnicos (reutilización, reparación, remanufactura y reciclaje) y ciclos biológicos (regenerar la naturaleza). Para ello, desde la idea de diseño estarán presentes los principios de la EC, como criterios necesarios para implementar pautas orientadas a una transición hacia la EC: a) eliminar los residuos y la contaminación; b) circulación de productos y materiales y c) regeneración del sistema natural. Además de ofrecer una visión técnica y sistémica de la EC, la EMF considera esencial la integración de las empresas en este enfoque para construir un nuevo sistema de circularidad.

¹ Nos referimos a la bioeconomía, industriales, técnicas, tecnológicas, no tecnológicas, empresariales, valores y cambios sociales, marco institucional y cambios legislativos

Para el desenvolvimiento de la EC, la presencia de la eco-innovación es un elemento clave, así como la innovación tecnológica en procesos y productos también la innovación en modelos de negocio y la innovación social (Vence & Pereira, 2019). Resulta particularmente importante la innovación en los MN con la intención de emprender o reconvertir (parcial o totalmente) propuestas de valor orientadas a la circularidad y acordes a los principios de la EC. Un MN constituye la estrategia holística y de valor que define a una empresa o un conjunto de empresas que conforman una cadena de valor (Osterwalder & Pigneur, 2010; Pereira, 2023). Los MNC tienen lugar en una nueva categoría de empresa en donde esa estrategia holística y de valor promueve la realización de actividades y servicios circulares. “Puede haber empresas que nacen con un propósito circular, empresas que modifiquen parcialmente sus procesos de negocio y empresas que reorienten un cambio más profundo, con capacidad para desencadenar un cambio sistémico en una industria o sector” (Briguglio et al., 2021; Pereira, 2023, p. 208). Ciertamente, existe una diversidad de modelos de negocio que pueden contribuir a la EC, en función de la fase del proceso de producción, la estrategia de creación de valor y el tipo de relación con el usuario/cliente (Bocken et al., 2016; Massa et al., 2016; Pereira, 2023; Smith-Gillespie et al., 2017).

Una de las primeras propuestas de MNC sienta sus bases en la *economía de alto rendimiento* (*The Performance Economy* (PE)) de Stahel (2010, 2019), quien plantea cambiar el concepto de venta del bien por aquel que oferta servicios, en el que pueden tener lugar los MNC. La PE, tiene que ver con retener la propiedad de los bienes por parte de los productores/vendedores para garantizar su rendimiento y la responsabilidad de los recursos incorporados en los mismos durante todo el periodo de vigencia útil y su fase final. El valor del negocio recae en la optimización del uso/utilización del producto, y no en el volumen de piezas producidas y vendidas. Esto es, aprovechar los rendimientos de los productos, cambiando en la estrategia de negocio la venta por los servicios y así garantizarla funcionalidad (maximizar la vida útil) “del y para el” producto durante el mayor tiempo posible. Con la combinación de esta estrategia de negocio de “alto rendimiento” se previenen pérdidas (económicas/costes) y residuos, entendiendo esto como una contribución a la sostenibilidad.

Para la EMF (2013), la clave está en el ecodiseño conforme el concepto de *cradle to cradle*, de forma que todo sea concebido para garantizar el perfecto aprovechamiento de los materiales al final de la vida útil de los bienes. Cuando una empresa tiene la capacidad de diseñar productos (y componentes) de larga duración encuentra oportunidades de MNC. Los productos con diseño circular ofrecen un coste de oportunidad frente a los productos de producción lineal, porque se pueden aprovechar las ventajas de la trazabilidad de los bienes producidos desde su origen hasta la restauración y reutilización. Para ello, se requiere de un buen conocimiento de las necesidades de los participantes de la cadena de valor y también de innovación continua. Para Bocken et al. (2016), la fase de diseño de los productos resulta esencial para ralentizar el uso de nuevos recursos naturales. El diseño incluye la creación de productos duraderos e incorpora las precauciones necesarias para prolongar la vida útil una vez en uso. Para lograrlo, facilita el mantenimiento y la reparación; la actualización y la posibilidad de mejora; la estandarización y la compatibilidad; y el desmontaje y el reensamblaje. Por lo tanto, el diseño es el patrón circular que adquiere la capacidad de romper con el esquema lineal, ralentizando o reformulando la cadena de valor de EC. No obstante, teniendo en cuenta que convivimos con productos existentes, y que la empresa tiene distintas naturalezas, resulta relevante el lugar que ocupan las estrategias con sentido ecológico responsable para minimizar los problemas ambientales. Como señala Pereira (2023, p. 217), “la EC requiere de un cambio disruptivo de modelo a lo largo de la cadena de producción de bienes (desde la concepción hasta su uso/consumo), pero es posible diferenciar cambios parciales hacia la circularidad en diferentes fases de la cadena involucrando diferentes empresas y sus respectivos MN”. Todo esto sin obviar que, visto desde

una visión sistémica de la cadena de valor, esos pasos parciales pueden incluso dar lugar a ciertas contrariedades (Bocken & Short, 2021).

Stahel y la EMF atribuyen una relevancia particular a las actividades de empresa que retienen la propiedad de los bienes para ofertar servicios de gestión por uso como el alquiler (de inmuebles, transporte y/o equipos y herramientas) para uso común, compartido y colectivo, o bien cuando una empresa retiene la propiedad y garantiza la vida útil del bien a través de servicios de arrendamiento financiero o leasing (formato tradicional para maquinaria agrícola, equipo médico e industrial). En estos esquemas, la empresa se encarga de los servicios técnicos para el mantenimiento, la reparación, el reacondicionamiento, las mejoras tecnológicas y las demás necesidades operativas que se requieran a fin de garantizar y prolongar la vida útil del bien, así como de la gestión de los residuos y el reciclaje. También, este conjunto de servicios técnicos puede funcionar, y de hecho ocurre, como actividades alternas a la retención de la propiedad de los bienes. En este punto, Stahel (2013) expone que existe la desventaja de desconocimiento de fabricación del bien, por lo que los componentes, la trazabilidad y vida final circular se verían afectados, originando con ello la ausencia del responsable efectivo final, los residuos dañinos y el ahorro de costes.

Igualmente, se consideran MNC aquellos centrados en la reducción de consumos de recursos, en la reutilización de los bienes, en la reparación y en la remanufactura de los bienes o reciclaje de los materiales. El trabajo de proyecto $R^2\pi$ (Smith-Gillespie et al., 2017), explora estudios de caso de empresas que incorporan en su estrategia de negocio algún patrón de circularidad. Entre las actividades y servicios que responden a un patrón de circularidad correspondiente a la cadena de valor (circular) de un producto están las siguientes: diseño; aprovisionamiento circular con base en materias primas renovables, reciclables o recicladas; recuperación de coproductos; reacondicionamiento y reparación; remanufactura; acceso, funcionalidad y recuperación de recursos. Como se dijo, el diseño representa el patrón circular de mayor potencialidad para el concepto de “ciclo de vida” del producto. Para la EC, este fundamental elemento, desde la idea de prototipo, la materia prima y componentes directos y los procesos que utilizan favorece los medios para que fluyan los patrones circulares de los modelos de negocio en toda la cadena de valor (producción-consumo/uso- residuos o fin de ciclo) (véase Pereira, 2023).

Abrir el camino hacia los MNC en sus formas de empresa de nueva creación, para las actividades y servicios alternos al producto o activos, o para cambios más integrales y sistémicos en un sector o industria requiere de medios que habiliten su impulso. Es clave la implicación y participación empresarial (Briguglio et al., 2021), que unidos al conjunto de factores que facilitan, en algunos casos condicionan, su implantación y difusión, deberá ir acompañado de las reglas del juego que facultan los principios de EC (Rodríguez & Vence, 2023). Por supuesto, las políticas integrales y sistémicas de EC (*Policy Packages*) son un factor fundamental para definir reglas e incentivos que orienten los comportamientos, estrategias y nexos clave entre los participantes, productores y consumidores de los nuevos MNC y los procesos que subyacen en el modelo que se quiere abandonar.

En Briguglio et al. (2021) y Rodríguez y Vence (2023) se estudian los factores que facilitan la puesta en marcha de los MNC, así como las barreras que ponen freno a su promoción. Identificar estos factores conlleva un proceso que tiene en cuenta las condiciones físicas, sociales, capital humano, culturales, los recursos naturales y entorno ambiental, el marco institucional y gobernanza, y, en suma, todo aquello que rodea a la empresa/industria. Por esta razón, es relevante prestarle atención al conjunto, distinguiendo aquellos factores, facilitadores o barreras, que tienen origen interno (propio de la empresa) o externo (mercados, institucionales, legales...). Rodríguez y Vence (2023) realizan un repaso de la literatura sobre estos factores para los MNC, como propuesta de valor de las empresas/organizaciones,

mostrando que son de diverso tipo (medioambiental, tecnológico/organizacional, económico, social e institucional) y que influyen como elementos internos y externos a la empresa, tanto en su forma positiva (impulsores) como en la negativa (barreras). Asimismo, aplican ese marco del análisis al estudio de caso para un grupo de empresas del sector de la electrónica elaborado por el proyecto $R2^2\pi$ (Smith-Gillespie et al., 2017). A partir de la muestra de casos analizados, destacan que entre los obstáculos externos más significativos a los que señalan las empresas son el papel que tienen las políticas públicas y los factores institucionales. Precisamente estos factores son motores claves para enviar señales de cambio a los agentes económicos, permiten tanto influir en los patrones de producción como en la adopción de un consumo responsable, con la ventaja adicional de poder actuar de modo dinámico, reforzando, los factores condicionantes apropiados para la diversidad de empresas/sectores.

3. METODOLOGÍA

Esta investigación parte del supuesto de que el modelo de negocio circular es la actividad o el servicio que tiene en cuenta los principios de EC, en una parte o en el conjunto de la cadena de valor de la empresa/sector, y que para lograr su difusión es conveniente la implementación de estrategias políticas que integren de forma coherente una pluralidad de instrumentos. En ese sentido, el objetivo consiste en identificar estrategias, particularmente financieras y fiscales, acordes para el diseño y difusión de MNC en el sector de AEE y abordar el problema de acumulación de residuos eléctricos y electrónicos en México. Para cumplir ese objetivo, se utiliza una adaptación de la metodología de *Policy Packages* (Givoni et al., 2013; Rogge & Reichardt, 2016; Wicki et al., 2019) con el propósito de identificar un conjunto de medidas políticas coherentes y complementarias, destacando singularmente aquellas relativas a los factores económicos de tipo fiscal y financiero. Asimismo, se toman en cuenta los resultados del proyecto de cooperación de EC con América Latina (Vence et al., 2023). Conforme con la metodología de *Policy Packages*, una vez identificados los tipos de MNC más relevantes para la circularidad de la cadena de AEE y RAEE, se realiza un diagnóstico sistemático de los rasgos estructurales esenciales de dicha cadena. Se tiene en cuenta sus fortalezas y debilidades, el tipo de MNC presentes, así como el marco regulatorio existente, con sus desarrollos, carencias, barreras y motores, además del mapa de políticas en vigor vinculadas a la sustentabilidad y a la EC. A partir de esos inputs, se realiza un proceso con pasos sucesivos de formulación de estrategias de política, de acuerdo a la metodología *Policy Package*, que comienza con la elaboración de un listado amplio de medidas posibles y una evaluación preliminar de virtualidades, complementariedades y contradicciones entre ellas que deben permitir, mediante pasos sucesivos, realizar la selección final de aquellas que se consideran con mayor viabilidad y mayor potencial de impacto para la consecución de los objetivos a corto y medio plazo.

En tal sentido, para perfilar el *Policy Package* se sigue una estrategia metodológica que comienza con la revisión de la literatura sobre los modelos de negocio de EC. De esta primera parte, obtenemos dos aportaciones para el diseño de estrategias. Uno, las actividades y servicios que se caracterizan como modelos de economía circular; es decir, los MNC que pueden ser implementados por el sector AEE. Dos, que para la difusión e implementación de los MNC es necesario tener en cuenta los factores internos y externos a la empresa, tanto en su forma positiva (impulsores) como en la negativa (barreras), que actúan como elementos mínimos necesarios para poder determinar la potencialidad de las estrategias. En consecuencia, para conocer estos factores, se realizó un diagnóstico de la cadena de valor del sector AEE y el problema de los residuos en México. Con las precauciones necesarias, se utilizaron reportes

divulgativos y operativos e informes gubernamentales, datos disponibles para el objeto de búsqueda y la regulación ambiental y de EC en México relativas al sector AEE y sus residuos.

Una vez realizado el diagnóstico, sintetizamos los resultados conforme al grado de potencialidad que pueden tener los MNC según cada fase de la cadena de valor de AEE, teniendo en cuenta el desarrollo mínimo necesario de los factores internos y externos, los prerrequisitos (o condicionantes) para su impulso (Tabla 2). A partir de estos resultados, se formulan las medidas de política que pueden contribuir al impulso de esos MNC, tomando como base el listado de medidas identificadas en la literatura (Vence & López, 2023); a continuación, se presenta aquella selección que pueden resultar más eficaces a corto y medio plazo, llevando a cabo un ejercicio de contraste de sinergias y contradicciones entre las medidas propuestas para, finalmente, definir un *Policy Package* integrado (Tabla 3), en el cual destacamos especialmente las medidas de tipo financiero y fiscal.

4. LA CADENA DE VALOR, MARCO REGULATORIO Y MODELOS DE NEGOCIO DEL SECTOR DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EN MÉXICO

4.1. La participación de México en la cadena producción de AEE

A la hora de formular estrategias de EC para este sector es importante tener presente la dimensión cuantitativa y cualitativa de las actividades productivas localizadas en el país y su papel en la cadena global de valor. Como ocurrió en la mayoría de los sectores económicos, a partir del último tercio del siglo pasado, el sector de AEE mexicano se transformó en un sector altamente globalizado y estratégico para su crecimiento, ya que además de sus propios procesos de producción, tiene una amplia participación en los procesos de fabricación de otras industrias. La actividad del sector consiste en la fabricación y al ensamble de una gran variedad de aparatos electrónicos y equipos de generación de energía eléctrica (computadoras, equipos de comunicación, audio y video, equipos y componentes electrónicos, aparatos eléctricos de uso doméstico y otros equipos y accesorios electrónicos) (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, [INEGI] 2023), tanto para la demanda interna como para la exportación global.

La presencia de esta industria mexicana es muy significativa a nivel internacional; de hecho, 9 de las 10 más grandes compañías industriales AEE operan en territorio mexicano (García & Manske, 2019, p. 57), ubicadas en diferentes estados² del país: Baja California (BC), Chihuahua, Nuevo León, Sonora, Jalisco y Cd. de México. Las compañías industriales de mayor presencia son LG, Samsung, Intel, HP, Ericsson, Flextonics y Motorola. En el mercado global, la industria AEE mexicana se caracteriza como el principal exportador de pantallas y el cuarto exportador de computadoras (García & Manske, 2019; SEMARNAT, 2020b).

Conforme la Secretaría de Economía (SE) (2022), en el año 2021 la participación mexicana, en porcentajes del total, tanto en exportaciones (2,81%) como en importaciones (3,05%) globales, obtuvo el décimo lugar. Los principales países exportadores son China (31,4%), Taiwán (7,86%) y Corea del Sur (7,06%). Los principales importadores fueron EE. UU. (12,7%), Hong Kong (12,0%) y China (10,7%). En 2022, el intercambio comercial total AEE mexicano fue de US\$ 213.364 M (formado por un 55% de compras internacionales y por un 45% de ventas

² Aceptación que refiere a los estados miembros del país Estados Unidos Mexicanos (México). Hace referencia a la división o a la unidad delimitada territorialmente de las entidades federativas del territorio mexicano, que es la forma en la que se divide una federación.

internacionales). Los estados con mayor número de ventas internacionales fueron BC (20,9%), Chihuahua (19,3%), Tamaulipas (11,8%), Nuevo León (11,7%) y Jalisco (11,2%), cuyo principal comprador fue EE. UU., seguido de Canadá, China, Países Bajos y Brasil. En cuanto a las compras internacionales, el primer lugar lo ocupa Chihuahua (24,3%), Jalisco (15,7%), Baja California (11,3%), Nuevo León (8,82%) y Tamaulipas (8,1%), siendo China el principal país proveedor y, en el segundo puesto, EE. UU.

4.2. Problemática del producción-consumo de AEE y los RAEE

Está claro que las fases críticas de esta CV desde la perspectiva de la EC están en la extracción de recursos muy singulares y en el volumen de residuos peligrosos generados. El incremento acelerado de la producción y el consumo de AEE genera importantes problemas de estos residuos. Las tendencias de crecimiento global de residuos electrónicos son alarmantes. Según los datos disponibles, en 2019 se generaron 53,6 Mt en el mundo, de los cuales solo se recogieron el 17,4%. “Para 2030, se espera que los residuos electrónicos aumenten a 74 Mt, a razón de casi 2 Mt de crecimiento por año” (Forti et al., 2020, p. 24; PROFECO, 2021). En cambio, las tasas de reciclaje y recogida no siguen el mismo ritmo. El crecimiento por año es de 0,4Mt de recogida documentada (Forti et al., 2020).

A nivel latinoamericano, México se ubica como el segundo productor de residuos AEE. En 2019, se generaron más de 1,1 millones de toneladas de RAEE (aproximadamente 9,7 kilos de RAEE por consumidor, según cifras contabilizadas), y se estima que para 2026 esta cifra podría crecer un 17% (OECD, 2019; SEMARNAT, 2020b). Del total de toneladas RAEE generadas, aproximadamente el 6% de ellos cuentan con materiales tóxicos para la salud y el medio ambiente. Entre los estados con una mayor generación de RAEE se ubican a BC, la Ciudad de México y Jalisco, cuyo volumen anual es de 58 mil, 117 mil y 82 mil toneladas por estado, respectivamente (SEMARNAT, 2020a, 2020b).

En cuanto a la recogida y reciclaje de los residuos AEE, México gestiona (conforme a normativa) menos del 3% del total de basura electrónica generada (Forti et al., 2020); 854 kt de residuos AEE corresponde a basura electrónica no regulada, extendiendo con ello severos daños ecológicos y de salud. Conforme García & Manske (2019, p. 42), “se estima que alrededor de la mitad de estos desechos termina en rellenos sanitarios o basura no controlada”. Efectivamente, las actividades de recogida y reciclaje son muy insatisfactorias. México cuenta con 153 empresas autorizadas en el manejo de residuos electrónicos, ubicadas principalmente en Baja California, Ciudad de México, Jalisco y otras que se encuentran distribuidas en el país, que operan siguiendo los criterios armonizados con la caracterización de Naciones Unidas. El proceso en el manejo de los residuos se compone de 4 niveles: el primero se encarga de la logística de aprovisionamiento y recolección, transporte y almacenamiento; el segundo, de la selección gruesa de otros residuos no electrónicos; el tercero, de la separación selectiva de componentes y materiales valorizables, disposición o tratamiento de materiales tóxicos y reacondicionamiento y reparación de equipos electrónicos y, cuatro, la refinación de los materiales y eliminación de su toxicidad (SEMARNAT, 2017).

La capacidad para reutilizar y remanufacturar está poco desarrollada. REMSA es una de las escasas empresas dedicadas a la reutilización de productos que conservan condiciones de uso, para llevar a cabo actividades de reparación o de remanufactura. Si existe, sin embargo, un importante sector de reparación y mantenimiento de AEE para prolongar la vida útil de los bienes y aplazar los residuos que ocupa miles de pequeñas empresas y autónomos (43.642) que generan un volumen importante de empleo (97.642) en todo el país.

Hay que señalar que el nivel de RAEE producidos en México no es el único gran problema para resaltar. A eso se suman las grandes cantidades de toneladas de residuos electrónicos proveniente de países desarrollados (EE. UU., gran parte de los europeos y Australia). México es uno de los principales países receptores de residuos electrónicos, después de China y la India (SEMARNAT, 2017, p. 192). Todo ello, da lugar a importantes externalidades negativas, que van desde contaminación, afectaciones sanitarias y vicios en el sector informal. Aunque estos últimos tienen la capacidad de organizarse y funcionar bajo sus propias reglas, quedan aislados de los derechos laborales, coexisten en la precariedad, con derechos limitados de atención médica, no cuenta con tarjeta sanitaria y cotizaciones, a pesar de que están expuestos constantemente a los elementos peligrosos de los RAEE.

4.3. Marco regulatorio ambiental de los residuos eléctricos y electrónicos

La reducción de la contaminación es conexas con el desarrollo de las políticas ambientales dictadas para cambiar a los patrones dañinos de productores y consumidores. La entrada en vigor de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA) (Diario Oficial de la Federación [DOF], 1988), que reemplazaba a la primera y segunda Ley Federal para la Protección Ambiental, supuso un importante desarrollo en la política ambiental mexicana para combatir el problema de la contaminación. Para dar atención a los problemas ambientales y de salud que suscitan de la incorporación de los RAEE, en 2003, se promulga la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) (DOF, 2003). Esta ley específica establece avances conforme a lo acordado en los convenios de Basilea (1989) sobre los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y el de Estocolmo (2001) sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP). A través de la LGPGIR de 2003, y su actual reforma de 2023 se busca regular la prevención, valorización y gestión integral de los residuos peligrosos (RP), residuos mineros y metalúrgicos (RMM), sólidos urbanos (RSU) y de manejo especial (RME), así como prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación (medidas para asegurar un nivel para la salud y el ambiente) (DOF, 2023b).

La regulación de los RAEE se ubica en el grupo de los RME, identificados como “residuos tecnológicos” provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que, al transcurrir su vida útil, por sus características requieren de un manejo específico” (fracción VIII, art. 19) (LGPGIR DOF, 2023b). A través de la norma NOM-161-SEMARNAT-2011 (NOM-161), la SEMARNAT (en consonancia con la LGPGIR) establece la regulación de los RME conforme la implementación de los Planes de Manejo (PM). Los PM, son un instrumento ambiental que busca inducir a productores, exportadores, importadores y distribuidores de los productos a tomar acciones encaminadas a maximizar el aprovechamiento y valoración de los residuos con base a estrategias y acciones que deberán ser técnica, ambiental, económicamente factibles y socialmente aceptables. Conforme a esta Norma (NOM-161), los AEE convertidos en residuos industria de la informática y fabricantes de productos electrónicos (para estos efectos, los RAEE), sujetos a elaborar los PM son: computadoras personales de escritorio y sus accesorios; computadores personales portátiles y sus accesorios; teléfonos celulares; monitores con tubos de rayos catódicos (incluyendo televisores); pantallas de cristal líquido y plasma (incluyendo televisores); reproductores de audio y video portátiles; cables para equipos electrónicos e impresoras, fotocopadoras y multifuncionales (DOF, 2013).

Conforme la SEMARNAT y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2019), la agrupación de los residuos electrónicos como RME supone obstáculos importantes para la implementación de los instrumentos y políticas ambientales. De hecho, la clasificación de los RME no coincide con la de los Convenios de Basilea y de Estocolmo puesto que una proporción importante de estos residuos contienen altos niveles de toxicidad para la salud humana (COPs, sustancias químicas y metales pesados), lo cual hace pertinente identificarlos como RP. Además, el último diagnóstico para la gestión integral de residuos (SEMARNAT, 2020a, p. 130) menciona que “la lista proporcionada por la norma NOM-161 sigue siendo limitada, incompleta y desactualizada para identificar los residuos útiles para el reciclaje, e incluso, para definir con claridad las características del residuo, tanto para los generadores como para las autoridades encargadas de su vigilancia”.

Efectivamente, con los convenios de Basilea y de Estocolmo, México y los estados firmantes acuerdan definir límites a la contaminación generada por los residuos peligrosos y tóxicos que se encuentran en los RAEE, obligando a controlar este tipo de residuos que incorporan toxicidad y con el que se prevé la interrupción de la importación y exportación, aunque puede establecerse una exención para la producción y uso de una sustancia (García & Manske, 2019). Estos acuerdos han marcado un hito favorable para atender la basura electrónica generada por los equipos celulares o equipos móviles. En México, se vienen implementando medidas para revertir el modelo lineal en estos productos a través de los MNC (INECC, 2021b), con el fin de gestionar dichos residuos para la reparación, recuperación de materiales, reciclaje y disposición final. Esta iniciativa parece ofrecer frutos en la recuperación de estos equipos, aunque la producción sigue siendo muy elevada, según el último informe de diagnóstico de la SEMARNAT (2020a), los valores de los teléfonos móviles acumularon 2.1 millones de equipos, que en peso representan 325 toneladas, pero los accesorios recuperados casi duplicaron (633 toneladas) el peso total.

También se cuenta con otras regulaciones ambientales –dados los problemas de caracterización de los RAEE– que inciden de modo transversal en la regulación de los residuos electrónicos, aunque figuran como normas simplemente enunciativas. Por ejemplo, considerando que gran parte de los RAEE contienen elementos tóxicos, peligrosos para la salud, la norma NOM-052-SEMARNAT-2005 ofrece criterios y procedimientos para identificarlos en pro de su adecuada gestión. Por su parte, la norma NOM-083-SEMARNAT-2003 regula los sitios de disposición final de los RSU y los RME. Y a través de las Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética se establecen los criterios de energía que deben cumplir, entre otros, los aparatos electrodomésticos (ver [Tabla 1](#)). Asimismo, como mecanismos específicos, establece los criterios que deberán incluirse en las etiquetas de eficiencia energética, las cuales son adheridas y/o exhibidas a los productos y sistemas que se comercializan en el país. “Actualmente existen trece etiquetas de eficiencia energética en el país” (García & Manske, 2019, p. 45).

Tabla 1. Regulación ambiental para la gestión de residuos

Categoría	Objetivo
<i>Instrumentos legislativos</i>	
LPGGIR	Proteger el entorno ecológico en materia de prevención y gestión de los residuos, conforme al Reglamento General de la LPGGIR.
<i>Normatividad (normas específicas de regulación)</i>	
NOM-083-SEMARNAT-2003	Establece criterios y procedimientos aplicables a los residuos peligrosos.
NOM-052-SEMARNAT-2005	Regula los sitios de disposición final de los residuos urbanos y de manejo especial, estableciendo criterios para su adecuada gestión.
NOM-161-SEMARNAT-2011	Regula los RME a través de los Planes de Manejo (instrumento regulatorio de política ambiental).
Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética	Establece criterios de cumplimiento en el uso de energía de los electrodomésticos (y otros). También define criterios a incluirse en las <i>etiquetas de eficiencia energética</i> que deberán exhibirse en cada producto.
<i>Instrumentos de control</i>	
Modalidades de los PM: privado, individuales o colectivos, ámbito territorial (nacional, regional o local) y por tipo de residuo.	Informe estructurado sobre: la cantidad y tipo de residuos generados; la logística para su gestión; los actores responsables; programa operativo de reciclaje hacia los consumidores y; estrategias de minimización.
Inventarios AEE	Conocer por categorías el nivel estimado de residuos generados según la capacidad económica y técnica de los generados: micro generadores, pequeño Generador y gran generador.
Cédula de Operación Anual (COA)	Reporta información sobre las emisiones y transferencias de contaminantes al aire, agua y suelo de los sectores generadores de residuos peligrosos (excepto al sector hidrocarburos).
Licencia Ambiental Única (LAU)	Regula al sector industrial en materia de impacto y riesgo ambiental, emisiones GEI, tratamiento de los residuos y la descarga de aguas residuales.
<i>Regulaciones de carácter internacional</i>	
Convenio de Basilea	Establece límites para la exportación de basura electrónica. Además, estipula un tratamiento de RAEE en distancias próximas del lugar donde se generan.
Convenio de Estocolmo	Establece estándares para el uso de sustancia COP y otros químicos, obligando a reducir o eliminar la producción de toxicidad química peligrosa.

Fuente: Elaboración propia, con base a [Gracia & Manske \(2019\)](#); [Gavilán García \(2010\)](#) y SEMARNAT ([SEMARNAT, 2020a](#)).

Entre las debilidades para tener en cuenta en la regulación ambiental mexicana, y que a su vez incide en el desarrollo de los MNC, es que no cuenta con políticas de producción y consumo sostenible. En primer orden, existe el principio de responsabilidad “compartida” y no una política de responsabilidad “ampliada” del productor. En México, la responsabilidad compartida está definida como un principio mediante el cual se reconoce que los RSU y los RME son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor lineal, y que, en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social, por lo que requiere de la participación conjunta de los agentes involucrados, y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social ([SEMARNAT, 2017](#)). La complejidad de esa trama de “responsabilidad compartida” dificulta la

implementación real de medidas concretas y efectivas. De hecho, la “responsabilidad compartida” se coordina mediante los PM que dispone la NOM-161, asignado la responsabilidad según la etapa en la que se participe, no obstante, según la [SEMARNAT \(2020a\)](#), no cuenta con las atribuciones para vincular y exigir responsabilidades y obligaciones a los actores de la cadena de valor.

Adicionalmente, la gestión y tratamiento de los RAEE a través de actividades de recogida formal, depósito en contenedores o para ser recogidos por empresas de residuos, entre otros, se encuentra limitada puesto que no están sujetas a legislación, o en algunos casos, la legislación se aplica de forma aislada según el compromiso de cada estado o ciudad. Por lo tanto, en términos de país no existe capacidad de infraestructura para su correcta gestión. Todo ello, frena el tratamiento especializado para recuperar los materiales valiosos y para gestionar las sustancias tóxicas dañinas, de forma que gran parte de estos residuos acaban en procesos de incineración o en vertederos no controlados, e incluso, en un sector informal, expuestos a graves daños sociales.

4.4. Análisis de resultados

El análisis realizado de las características de la Cadena de Valor de Producción de AEE y RAEE en México, de sus fortalezas y debilidades, así como del marco regulatorio y políticas que le afectan directamente puede ser sintetizado en un cuadro integrado. Esto nos permite identificar con mayor claridad aquellas fases de las diferentes actividades, MNC e instrumentos que están operativos en México, y que, por lo tanto, son susceptibles de impulso y mejora, y aquellos otros prerrequisitos que están ausentes y que, por lo tanto, requieren de la adopción de medidas para su implantación y desarrollo.

Las actividades relevantes para configurar MNC a lo largo de la cadena de valor de AEE son: 1) Ecodiseño; 2) Diseño para la extensión de la vida de los AEE; 3) Actividades de reparación; 4) Actividades de remanufactura; 5) Actividades de fabricación de componentes y partes; 6) Extensión de garantías, mantenimiento y reparación; 7) Leasing/alquiler; 8) Uso compartido; 9) Venta de segunda mano; 10) Responsabilidad ampliada del productor; 11) Gestión, almacenamiento; 12) Reciclaje.

Los factores condicionantes que se analizan para el diseño y difusión de los MNC en el sector AEE son:

- a) Tejido de empresas/red empresarial y otros agentes necesarios, como fabricantes, reparadores, recolectores, gestores de residuos y servicios de apoyo (información, transporte, trazabilidad...).
- b) Infraestructura, como puntos de recogida de aparatos desechados, almacenes, puntos limpios/verdes, etc.
- c) Regulación e incentivos, incluyendo normativas básicas de gestión de RAEE, objetivos-meta de reciclaje, garantías, incentivos de tipo fiscal para las actividades circulares (reparación, reventa, remanufactura...), ayudas, etc.
- d) Instrumentos de financiación, tanto de carácter público como privado, orientados a la dotación de infraestructura y la promoción de la circularidad en el sector AEE.
- e) Disponibilidad de conocimientos y tecnologías, incluyendo tanto abordajes educativos formales como capacidades y destrezas presentes en agentes que desarrollan actividades relacionadas con el sector AEE y sus residuos, formal o informalmente.

f) Pautas socioculturales, relativas a las actitudes y comportamientos de la población en general y de las iniciativas empresariales y sociales respecto al tratamiento de los RAEE, la reparación, la reutilización, los productos de segunda mano, remanufacturados, y el reciclaje.

A continuación, la **Tabla 2** sintetiza las relaciones cualitativas que se infieren en el caso de México a partir de las aportaciones descritas de acuerdo con la metodología seguida para esta investigación. La tabla combina, por un lado, los factores condicionantes agrupados en seis dimensiones y por otro los 12 MNC más relevantes en las diferentes fases de la cadena de valor de AEE (fase de producción, fase de uso/consumo y fase RAEE).

Tabla 2. Requisitos previos (factores condicionantes) para la circularidad en la cadena de valor AEE.

FASES - MODELOS DE NEGOCIO	FASE PRODUCCIÓN					FASE USO				FASE RAEE		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PRE-REQUISITOS (CONDICIONANTES)												
Red de empresas y otros agentes necesarios												
Infraestructura												
Regulación e incentivos												
Financiación												
Conocimientos y tecnología												
Pautas socio-culturales												
1) Eco-diseño	7) Leasing/alquiler											
2) Diseño para la extensión de la vida de los AEE	8) Uso compartido											
3) Actividades de reparación	9) Venta de segunda mano											
4) Actividades de remanufactura	10) Responsabilidad ampliada del productor											
5) Actividades de fabricación de componentes y partes	11) Gestión, almacenamiento											
6) Extensión de garantías, mantenimiento y reparación	12) Reciclaje											

Fuente: elaboración propia y [Vence et. al \(2023\)](#).

5. MEDIDAS Y ESTRATEGIAS PARA IMPULSAR LOS MNC EN LA CADENA DE AEE EN MÉXICO

A partir del diagnóstico anterior, y tomando en cuenta las barreras e impulsores existentes, tanto del interior del sector empresarial de AEE y RAEE como del lado de los instrumentos de las políticas públicas, se aplica la metodología de elaboración de *Policy Packages* ([Givoni et al., 2013](#)) a fin de seleccionar y proponer una batería de medidas de actuación para impulsar la consolidación, diversificación y desarrollo de MNC a lo largo de la cadena de valor. El paquete de medidas propuestas debe integrar las medidas efectivas que resultan coherentes y complementarias entre sí, evitando aquellas que pueden resultar contradictorias o que resultan de implementación muy difícil y compleja.

Por la propia forma de abordar el problema, con una perspectiva holística, el *Policy Package* recoge un abanico amplio de medidas de diferente tipo (regulatorias, inversión pública, programas públicos, financieras, fiscales, entre otras). Las medidas están ordenadas según la fase de la cadena de valor y de acuerdo con las actividades o servicios de los MNC que se consideran ajustadas a las condiciones y determinados factores establecidos (siguiendo el sentido de la **Tabla 2**).

Para reconstruir una cadena de valor que ayude a reducir las presiones ecológicas se requiere de la participación empresarial y de una decidida regulación, con los instrumentos que garanticen su efectiva implementación. Siguiendo la metodología de elaboración de los *Policy Packages*, se formula un listado amplio de medidas posible y en fases sucesivas se evalúa su efectividad, su impacto potencial y su congruencia, complementariedad o contradicción con las demás. Como resultado obtenemos un listado de 51 medidas (Tabla 3), de las cuales 22 corresponden a medidas de carácter fiscal y financiero.

Desde la perspectiva de la empresa, y teniendo en cuenta la coherencia del *Policy Package*, destacamos especialmente la importancia de estas últimas por tratarse de instrumentos de mercado con alto potencial de incidencia sobre los incentivos de las empresas y demás agentes económicos de forma estructural a lo largo de toda la cadena.

Los instrumentos económicos de política fiscal y financiera son elementos que las empresas tienen en cuenta para utilizarlos como mecanismos bien de financiamiento, de ahorro y en sus provisiones de costes y gastos. Son instrumentos económicos presentes en la toma de decisiones, influyendo, y algunos casos, condicionando el comportamiento de los agentes económicos. Para la fase de producción se proponen 13 medidas, que como vimos en la literatura, es la fase crucial en donde se implementa la ecoinnovación y el ecodiseño, y donde tienen lugar diferentes patrones circulares, desde actividades de aprovisionamiento de materias primas, hasta medidas para prolongar la vida útil y garantizar un mejor control de los residuos. La combinación de instrumentos de financiamiento y fiscales permiten incentivar a las empresas para que implementen patrones de circularidad. Las empresas recurren al financiamiento para la inversión de activos, para desarrollar nuevos proyectos y para expandirse. En la era de economía circular, es necesario alinear y dar prioridad a las inversiones de activos y de nuevos proyectos que permitan reducir la contaminación abandonar los patrones dañinos. Por ejemplo, resulta necesario promover nuevos vehículos e instrumentos financieros para la inversión de activos / maquinaria de eficiencia energética, para el impulso de la eco-innovación y el ecodiseño y para expandir una actividad circular, por ejemplo, para la recuperación de componentes y partes o para la disposición y tratamiento final de los residuos.

Por su parte, los instrumentos fiscales también pueden participar de forma muy activa, incluyendo reformas acordes a los principios de EC. En línea con las propuestas de [Vence y López \(2021\)](#), se propone retirar el incentivo fiscal por depreciación de activos e inversiones no ecológicas. De hecho, la depreciación contable y fiscal de los activos es una tarea pendiente en la era de la EC. Es también contradictorio a los patrones de circularidad, el Impuesto al Valor Añadido (IVA) y la retención de este por la *adquisición de desperdicios para ser utilizados como insumo de su actividad industrial o para su comercialización*³. Los impuestos también pueden actuar como fuertes incentivos para reorientar positivamente el desuso de materiales y productos químicos tóxicos muy presentes en los AEE, que dada una mala gestión de los RAEE afectan la salud de las personas. La fiscalidad puede constituir un instrumento muy positivo para fomentar los servicios de reparación y prolongar la vida útil de los AEE. Esta reforma ha sido estudiada por [Vence y López \(2022b\)](#), en donde se pone a la luz el relevante patrón circular que tienen las actividades/servicios de reparación y mantenimiento, tanto en el objeto de la actividad, porque prolongan la vida útil de los bienes evitando la acumulación de residuos y no recurren a nuevos materiales para crear un nuevo producto, como por los recursos intensivos de mano de obra en la operatividad. De hecho, son beneficios redondos en términos de sostenibilidad económica y social (prolongar la vigencia de uso de los AEE, la creación de empleo distribuido en el territorio, facilitando el paso de la informalidad a la formalidad y por las oportunidades de ahorro que puede suponer para la sociedad) que pueden ser aprovechados con las actividades de reparación ([Vence & López, 2022a](#)).

Para los patrones circulares de las fases de uso, se propone desarrollar instrumentos de financiamiento para expandir la comercialización de segunda mano de los AEE y, en paralelo, favorecer con instrumentos fiscales el consumo de segunda mano, con cambios en el tipo de IVA aplicable orientados a reducir el impuesto, estimulando la actividad. En cuanto a la etapa de Residuos AEE, la regulación presenta avances significativos en términos enunciativos, pero se detectó la ausencia de medidas decisivas y de escasa vigilancia en la aplicación y cumplimiento efectivo de las existentes. Para fomentar que los fabricantes se hagan cargo de los productos puestos en el mercado al final de su vida útil, se considera conveniente un plan de financiación que contemple la recogida y gestión de los RAEE a nivel nacional. Para mejorar los niveles de recogida y gestión adecuada, se proponen subsidios directos para el acceso a flota de vehículos rodados eléctricos y/o transporte ferroviario para el transporte de RAEE entre los puntos de recolección y de almacenamiento/gestión, todo ello unido al desarrollo de infraestructura adecuada para la gestión RAEE.

Asimismo, también se pueden combinar los instrumentos fiscales con campañas de reciclaje en las que, según el volumen de productos reciclados por hogares, se otorguen bonificaciones/descuentos para el pago de contribuciones locales (predial, renovación de matrícula automovilística etc.).

Tabla 3. Policy Package: Estrategias para el diseño y difusión de actividades circulares en el sector de aparatos eléctricos y electrónicos

FASE	ACTIVIDADES / MODELOS DE NEGOCIO	Listado de medidas
PRODUCCIÓN	1) Ecodiseño (esto son innovaciones de proceso productivo)	1) Impulsar proyectos de ecoinnovación para los involucrados en fase 1 del ciclo de vida AEE (manufactura) y su vinculación con la fase RAEE
		2) Penalizar el uso de materiales y productos químicos tóxicos, p.ej. las clasificadas como COP
		3) Eliminar la depreciación contable y fiscal en la inversión de industria dañina y no renovables
		4) Facilitar préstamos sostenibles para la incorporación de industria / maquinaria de eficiencia energética
		5) Generar incentivos fiscales para la adquisición de componentes adecuados al ecodiseño para el ensamblaje de AEE
	2) Diseño para extensión de la vida de los AEE	1) Incorporar el concepto de ecodiseño en los planes de estudio de los institutos superiores técnicos y tecnológicos
		2) Generar incentivos fiscales para la adquisición de componentes adecuados al ecodiseño para el ensamblaje de AEE
	3) Actividades de reparación	1) Fomentar la creación de cooperativas de trabajadores del sector informal y/o alianzas entre talleres especializados en el servicio de mantenimiento, reparación y recuperación de materiales de AEE.
		2) Reforzar enseñanza y desarrollo de capacidades vinculadas a la reparación y mantenimiento en todos los niveles educativos y en los programas públicos de capacitación para el empleo
		3) Instrumentos fiscales (impuesto a las ganancias reducido para personas físicas y jurídicas cuya actividad principal sea la reparación; exceptuar del IVA el servicio técnico (mano de obra) incorporado)
		4) Concientizar al consumidor sobre importancia de cuidado y mantenimiento periódico de AEE y utilización de productos reparados -campañas de difusión, información, etiquetado etc.)

³ Artículo 1-A, fracción II, inciso b) de la Ley del IVA (DOF, 2023a).

FASE	ACTIVIDADES / MODELOS DE NEGOCIO	Listado de medidas
USO		5) Elaborar acuerdos de provisión de equipos reacondicionados en buen estado entre cooperativas/empresas de gestión integral de RAEE y municipios, otros entes estatales o privados
		6) Implementar/mantener/ampliar centros y/o talleres públicos de reparación
	4) Actividades de remanufactura	1) Fomentar la elaboración de acuerdos logísticos entre empresas productoras/ensambladoras de AEE y las empresas de gestión de RAEE, respecto de la recuperación de partes y componentes (por ejemplo, para reducción de costes de almacenamiento y transporte)
		2) Articulación con centros de transferencia de conocimiento para expandir los Know How ya desarrollados
		3) Obligación de los fabricantes de disponer de stock de piezas y componentes de los AEE por un período prolongado (entre 10 y 20 años según los productos)
		4) Eliminar la retención del IVA por la adquisición de residuos como insumo para la actividad industrial o comercialización
	5) Actividades de fabricación de componentes y partes	1) Impulsar proyectos de eco-innovación para los involucrados en fase 1 del ciclo de vida AEE (manufactura)
		2) Penalizar el uso de materiales y productos químicos tóxicos, p.ej. las clasificadas como COP
		3) Eliminar la depreciación contable y fiscal en la inversión de industria dañina y no renovables
		4) Facilitar préstamos sostenibles para la incorporación de industria / maquinaria de eficiencia energética
		5) Generar incentivos fiscales para la adquisición de componentes adecuados al ecodiseño para el ensamblaje de AEE
	6) Extensión de garantías, mantenimiento y reparación	1) Asegurar, o en su caso extender garantías de mantenimiento y reparación mayores a un año
2) Fomentar difusión, transferencia de conocimiento, intercambio de experiencias y colaboración para la creación de iniciativas conjuntas en reparación (Foros entre agentes dedicados a actividades de reparación y mantenimiento, publicación abierta de manuales)		
7) Leasing/alquiler	1) Fomentar comercios de alquiler de herramientas mediante mercado de renta de segunda mano sea mediante mecanismos P2P o B2P con cumplimiento de estándares de calidad, sello, eco-etiqueta, etc.	
	2) Otorgar bonificaciones fiscales anuales (proporcional al valor del alquiler) a comercios de AEE que incorporen el servicio de alquiler	
8) Uso compartido	1) Disponer de salas de acceso libre a equipos informáticos (y otros AEE) en las instalaciones públicas municipales	
	2) Crear redes colaborativas P2P en el uso de AEE mediante alianzas con plataformas de comercio digital ya existentes	
9) Venta de segunda mano	1) Garantías de procedencia y uso para la comercialización de AEE de segunda mano.	
	2) IVA reducido para artículos de segunda mano	
	3) Impuesto a las ganancias reducido para personas físicas y jurídicas cuya actividad principal sea la venta de productos de segunda mano	
	4) Desarrollo e impulso de plataformas de comercio electrónico para la comercialización de AEE de segunda mano	

FASE	ACTIVIDADES / MODELOS DE NEGOCIO	Listado de medidas
		5) Cambiar la tasa IVA vigente por un tipo impositivo que grave el margen de beneficios
RAEE	10) Responsabilidad ampliada del productor	1) Elaboración de un plan de financiación que contemple la recogida y gestión de los RAEE a nivel nacional. 2) Ley nacional de REP para los RAEE (que incorpore el principio de responsabilidad extendida/ampliada por el productor (RAP) en la legislación vigente, y la obligatoriedad de implementación progresiva en el sector industrial de AEE) 3) Mediar en la elaboración de acuerdos de cooperación logística entre las empresas productoras/comercializadoras/grandes generadoras de AEE y las cooperativas registradas dedicadas a su gestión
	11) Gestión, almacenamiento	1) Desarrollar un plan de gestión y almacenamiento para ejecución por parte de los recolectores informales 2) Garantizar la disponibilidad de instalaciones públicas y/o subsidiadas para el almacenamiento y gestión de RAEE por parte de las cooperativas registradas a tal fin 3) Incorporar la definición de RAEE en la legislación 4) Digitalizar la elaboración de los planes de manejo (inventario), convirtiéndolo en requisito para los generados de RAEE 5) Capitalizar al sector informal RAEE hacia el formal, ofreciendo condiciones laborales óptimas 6) Impulsar que las empresas internamente gestionen y almacenen los RAEE hasta que sean recogidos por la entidad competente 7) Establecer puntos de acopio/limpios/verdes fijos o móviles de recogida de RAEE (incluyendo plan de recogida en hogares de difícil acceso) 8) Subsidiar el acceso a flota de vehículos rodados eléctricos y/o transporte ferroviario para el transporte de RAEE entre los puntos de recolección y de almacenamiento/gestión 9) Plataforma de colaboración entre empresas gestoras de RAEE y talleres de reparación 10) Creación de un módulo de información sobre cantidad de RAEE generados por tipo de residuos a nivel país para facilitar la trazabilidad de esto
	12) Reciclaje	1) Inversión pública en plantas de separación y recuperación de materiales y piezas que puedan ser aprovechados en actividades de reparación de AEE. Estas instalaciones deberán estar debidamente acreditadas y cumplir con ciertas normas de seguridad 2) Establecimientos de metas de reciclaje por tipo de RAEE para empresas público-privadas 3) Campañas de información sobre los centros o lugares de reciclaje, separación de RAEE, etc 4) Realizar campañas de reciclaje que otorgue bonificaciones / descuentos para el pago de impuestos locales (predial, renovación de placa matrícula, etc.) 5) Incorporar la temática del reciclaje en planes educativos

Fuente: elaboración propia y [Vence et. al \(2023\)](#)

6. CONCLUSIONES

El sector de AEE tiene una gran relevancia económica global y también en términos de consumo de recursos críticos y de generación de residuos. Esta industria en México es muy importante, no solo por el volumen de AEE consumidos sino también por el desempeño de este país en la cadena global de valor, especialmente por sus relaciones con China y EE. UU. El creciente volumen de producción y consumo de los AEE influye, simultáneamente, en su peso dentro de la industria manufacturera y los servicios, así como en el problema de RAEE, agregando a ello, el volumen de esta basura que envían países como EE. UU. y europeos.

La gestión integral de los RAEE en México es exigua. La regulación ambiental para atender este problema desde un enfoque de economía circular es muy limitada. De hecho, pese a que hay un creciente desarrollo e interés por la política ambiental en México, el marco legal y regulatorio para la EC continúa como tarea pendiente. La transición hacia la EC en México se enunció en la Estrategia Nacional para la Agenda 2030. El avance de la ley se encuentra en la fase *proyecto de decreto de la ley general de economía circular (LGEC)*, aprobado por el Senado de la República, y que aún debe ser valorado por parte de la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales para su dictamen por parte de los diputados.

La alineación sistémica de la EC en la regulación ambiental mexicana es un paso necesario para reorientar pautas de producción y consumo sustentables. Para reconstruir una cadena de valor de la producción de AEE y RAEE sustentable, que ayude a reducir las presiones ecológicas y evitar afecciones a la salud, se requiere de la participación empresarial, implementando nuevos modelos de negocio circulares, y de una decidida regulación.

Con el objetivo de fomentar actividades y modelos de negocio circulares se propone un *Policy Package* que integra un conjunto de medidas factibles, complementarias y sinérgicas. La metodología *Policy Packages* ha permitido identificar un amplio abanico de medidas posibles, con sinergias entre ellas, que pueden facilitar el surgimiento e implementación de MNC, con un adecuado interfaz entre las estrategias gubernamentales y el sector empresarial en las diferentes fases de la cadena de valor de AEE. El tipo de medidas consideradas en el estudio, involucran de forma prioritaria al nivel federal, pero su implementación requiere también de la colaboración y adopción de medidas específicas por parte de los estados y los municipios, en particular, en las últimas fases (gestión de RAEE y reciclaje).

En este sector es crucial impulsar el eco-diseño para concebir productos más eficientes, duraderos, reparables y fácilmente reciclables. Sin embargo, es un punto en el que el papel subordinado de México en la cadena global de valor puede limitar el alcance e impacto. Otro tipo de medidas van dirigidas a las siguientes fases de la cadena de producción, consumo y posconsumo. Es importante cambiar de la política de la responsabilidad “compartida” del productor a la de “responsabilidad extendida”; incorporar regulaciones relativas a frenar la obsolescencia programada, para garantizar el derecho a la reparación. La reparación es una actividad clave que cuenta con cierta implantación, pero para aprovechar todo su potencial para la EC requiere implementar medidas que favorezcan la profesionalización y garantías de los servicios de reparación, reducir la presión fiscal, en especial con tasas reducidas en IVA y otros impuestos, con el fin de hacerlos más atractivos para los usuarios y consumidores. En lo relativo a los RAEE, hay grandes puntos por mejorar y otros en los que hay que avanzar en su regulación. Para comenzar, cumple la caracterización de los RAEE para que pueda cumplirse la gestión adecuada; hay que invertir en infraestructuras y negocios para el procesado de los mismo y, sobre todo, para el reciclaje de los componentes y materiales valiosos, y también en la gestión responsable de los residuos peligrosos.

En suma, la regulación ambiental y las políticas públicas (fiscales, inversión pública, incentivos, etc.) en materia de residuos electrónicos presenta importantes desafíos para trazar

la hoja de ruta para la transición hacia la EC. En este artículo, destacamos especialmente las medidas de tipo fiscal y financiero dirigidas a las empresas, las cuales se revelan como actores del cambio. Los instrumentos financieros y fiscales son claves para crear incentivos estructurales para la inversión y desarrollo de actividades/servicios como propuestas valor en el marco de los MNC orientados a prolongar la vida útil de los AEE (reparación, mantenimiento y reutilización). Se proponen, particularmente, medidas concretas como la reducción de la tasa en el IVA para actividades de reparación, la reutilización o las ventas de segunda mano, medidas que deben contribuir a reforzar el sector y a modificar el comportamiento de los usuarios y consumidores, lo que redundará en la prolongación de la vida útil de los AEE y en la consiguiente reducción de materiales, además de un impacto positivo en el empleo y en la cohesión territorial y social.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido apoyada por el Grupo de Investigación ICEDE, al que pertenece la autora, Grupo Gallego de Referencia Competitiva GRC ED431C 2022/15 financiado por la Xunta de Galicia; y por el proyecto REVALEC, referencia PID2022-141162NB-I00 financiado por MCIN/AEI / 10.13039/501100011033 / FEDER, UE.

Referencias

- Bocken, N. M. P., Pauw, I., Bakker, C., & Grinten, B. van der. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- Bocken, N. M. P., & Short, S. W. (2021). Unsustainable business models – Recognising and resolving institutionalised social and environmental harm. *Journal of Cleaner Production*, 312, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127828>
- Briguglio, M., Llorente-González, L. J., Meilak, C., Pereira, Á., Spiteri, J., & Vence, X. (2021). Born or grown: Enablers and barriers to circular business in europe. *Sustainability*, 13(24), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su132413670>
- Diario Oficial de la Federación. (1988). *Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiental (LGEEPA)*. Diario Oficial de la Federación (DOF). <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm>
- Diario Oficial de la Federación. (2003). *Ley General Para La Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)*. DOF 08-10-2003. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf>
- Diario Oficial de la Federación. (2013). *NOM-161-SEMARNAT-2011*. DOF 01-02-2013. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134113/20.-_NORMA_OFICIAL_MEXICANA_NOM-161-SEMARNAT-2011.pdf
- Diario Oficial de la Federación. (2023a). *Ley del Impuesto al Valor Agregado (IVA)*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIVA.pdf>
- Diario Oficial de la Federación. (2023b). *LGPGIR*. DOF 08-05-2023. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf>
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the Circular Economy. Vol. 1: Economic and business rationale for an accelerated transition*.

- Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., & Bel G. (2020). *Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos - 2020: Cantidades, flujos y potencial de la economía circular*. Universidad de las Naciones Unidas (UNU)/Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones (UNITAR) – coorganizadores del programa SCYCLE, Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y Asociación internacional de Residuos Sólidos. <https://www.scycle.info/global-e-waste-monitor-2020/>
- García, & Manske. (2019). Consumo sustentable y reciclaje de residuos electrónicos: México y Alemania. *BMC Public Health*, 5(1), 10–30. <https://iki-alliance.mx/wp-content/uploads/Consumo-sustentable-y-reciclaje-de-residuos-electrónicos-México-y-Alemania.pdf>
- Gavilán García, A., Kathia, F., Robles, C., Concepción, V. A., Flores Martínez, S., & Rüd, S. B. (2010). *Diagnóstico De La Situación De Los Residuos Electrónicos En México*. 1–8.
- Givoni, M., Macmillen, J., Banister, D., & Feitelson, E. (2013). From Policy Measures to *Policy Packages*. *Transport Reviews*, 33(1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/01441647.2012.744779>
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2021a). *Análisis y revisión técnica del marco legal existente para la instrumentación de una política en materia de economía circular para México*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/677876/V2_An_lisis_y_revisi_n_t_nica_de_marco.pdf
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2021b). *La extensión de tiempo de vida útil en teléfonos celulares en el marco de la economía circular y el cumplimiento de la Contribución Nacionalmente Determinada (CND)*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/696350/127_2021_Reporte_celulares_vida_util.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Síntesis metodológica del sistema de clasificación industrial de américa del norte, México SCIAN 2023*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463909682.pdf
- Massa, L., Lüdeke-Freund, F., & Bocken, N. (2016). *Business Models for Shared Value - A Guide for Executives*. <https://nbs.net/executive-report-business-models-for-shared-value/>
- OECD. (2019). *OECD Going Digital Toolkit*. E-Waste Generated, Kilograms per Inhabitant. <https://goingdigital.oecd.org/indicator/53>
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Los niños y los basureros digitales: exposición a los residuos electrónicos y salud infantil*. Organización Mundial de la Salud. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/354706>.
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/978-0470-87641-1>
- Pereira, Á. (2023). Modelos de negocio para la transición a la economía circular: estrategias circulares, potencial transformador y limitaciones. En X. Vence (Ed.), *Economía circular transformadora y cambio sistémico. Retos, modelos y políticas* (pp. 207–237). Fondo de Cultura Económica de España.

- PROFECO. (2021). *Economía circular en materia de Telecomunicaciones*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/661044/ECONOMIA_CIRCULAR_EN_MATERIA_DE_TELECOMUNICACIONES.pdf
- Rodríguez, B., & Vence, X. (2023). Barreras y facilitadores en los modelos de negocio circulares de los sectores plásticos y la electrónica en el seno de la unión europea. En X. Vence (Ed.), *Economía circular transformadora y cambio sistémico. Retos, modelos y políticas* (pp. 239–266). Fondo de Cultura Económica.
- Rogge, K. S., & Reichardt, K. (2016). Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis. *Research Policy*, 45(8), 1620–1635. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.04.004>
- Secretaria de Economía (SE). (2022). *DataMéxico. Equipos Eléctricos, Electrónicos*. Intercambio Comercial de México. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/electrical-electronic-equipment>
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2019). *Manejo Adecuado de los Residuos Conteniendo Compuestos Orgánicos Persistentes en México*. http://www.residuoscop.org/public/pdf/PRODOC_COPs_UNDP.pdf
- SEMARNAT. (2017). Inventario de generación de residuos electrónicos en México. Escala nacional y estatal para Jalisco, Baja California, y Ciudad de México. Resumen ejecutivo extendido. En *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Proyecto #92723 “Manejo Ambientalmente Adecuado de Residuos con Contaminantes Orgánicos Persistentes” (ResiduosCOP)*.
- SEMARNAT. (2020a). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/prevencion-y-gestion-integral-de-los-residuos>
- SEMARNAT. (2020b). SEMARNAT. Buscan Semarnat y PNUD Manejo Adecuado de Residuos Electrónicos Para Evitar Afectaciones a La Salud y Al Medio Ambiente. <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/buscan-semarnat-y-pnud-manejo-adecuado-de-residuos-electronicos-para-evitar-afectaciones-a-la-salud-y-al-medio-ambiente?idiom=es>
- Smith-Gillespie, A., Pereira, Á., & Morwood, D. (2017). *Circular Economy Business Model Case Studies: Introduction and Methodology*. http://www.r2piproject.eu/wp-content/uploads/2018/08/R2Pi-D3-35775-63432.2a-Case-Study-Methodology_v1.0.pdf
- Stahel, W. R. (2010). *The Performance Economy* (segunda). Palgrave Macmillan.
- Stahel, W. R. (2019). *Economía circular para todos*. Routledge-Taylor-Francis Group.
- Vence, X. (2023). Bases conceptuales para la economía circular transformadora y un cambio sistémico. En X. Vence (Ed.), *Economía circular transformadora y cambio sistémico. Retos, modelos y políticas* (pp. 55–108). Fondo de Cultura Económica de España.
- Vence, X., & López Pérez, S. de J. (2021). Taxation for a circular economy: New instruments, reforms, and architectural changes in the fiscal system. *Sustainability*, 13(8), 1–21. <https://doi.org/10.3390/su13084581>
- Vence, X., & López, S. de J. (2022a). Circular Economy and repair and maintenance activities in Mexico: Specificities and heterogeneity of its productive and labor structure. *Nova Economia*, 32(1), 231–260. <https://doi.org/10.1590/0103-6351/6498>

- Vence, X., & López, S. de J. (2022b). Reformar el IVA para impulsar los servicios de reparación y la economía circular circular economy. *Contaduría y Administración*, 67(2), 304–329. <http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2022.3233>
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2022.3233> Abstract
- Vence, X., & López, S. de J. (2023). Limitaciones de los instrumentos de las políticas ambientales. In X. Vence (Ed.), *Economía circular transformadora y cambio sistémico. Retos, modelos y políticas* (pp. 373–403). Fondo de Cultura Económica de España.
- Vence, X., & Pereira, Á. (2019). Eco-innovation and Circular Business Models as drivers for a circular economy. *Contaduría y Administración*, 64(1), 1–19. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2019.1806>
- Vence, X., Pereira, Á., Hinojosa, K., James, J., Llorente-González, L. J., López, S. de J., & Morales, D. (2023). *Potencialidades da Economía Circular para o desenvolvemento sustentábel e inclusivo en países de América Latina. 2021-2023*. <https://www.usc.es/gl/investigacion/grupos/icede/Proxecto.cooperacion.EC.html>
- Wicki, M., Fesenfeld, L., & Bernauer, T. (2019). In search of politically feasible policy-packages for sustainable passenger transport: Insights from choice experiments in China, Germany, and the USA. *Environmental Research Letters*, 14(8), 1–17. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab30a2>
- World Economic Forum. (2019). *A New Circular Vision for Electronics: Time for a Global Reboot*. <https://www.weforum.org/publications/a-new-circular-vision-for-electronics-time-for-a-global-reboot/>