



Consumo sustentable y reciclaje de residuos electrónicos: México y Alemania

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Por encargo de:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza
y Seguridad Nuclear

de la República Federal de Alemania

Este estudio ha sido financiado por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, organismo de cooperación al desarrollo del gobierno alemán, mediante fondos de la Iniciativa Internacional de Protección del Clima (International Climate Initiative -IKI). Desde 2008, la IKI del Ministerio Federal del Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU por sus siglas en alemán) del Gobierno Alemán, ha financiado proyectos de cambio climático en países de desarrollo y emergentes, así como países en transición.

Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Friedrich-Ebert-Alle 36+40
53113 Bonn, Deutschland
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66
E info@giz.de
I www.giz.de

Proyecto

Alianza Mexicana Alemana de Cambio Climático
Ejército Nacional 223,
Col. Anáhuac, Del. Miguel Hidalgo
C.P 11320
T. +52 55 5536 2344
E giz-mexiko@giz.de

Información Adicional

www.international-climate-initiative.com
www.iki-alliance.mx

Coordinación y Supervisión:

GIZ: Yuriana González Ulloa

Autores:

Tec-Check:



Fiorentina García
Julia Manske

Índice

Índice	2
Lista de figuras	3
Lista de tablas.....	3
Acrónimos	4
Resumen ejecutivo.....	5
1.Introducción	9
2.Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)	12
2.1. Ciclo de vida y clasificación de los RAEE.....	13
2.1.1. Ciclo de vida	13
2.1.2. Comparación de Clasificación de los RAEE.....	14
2.2. Impactos negativos de los RAEE y su potencial económico y socioambiental	15
2.3. Principio de Responsabilidad Extendida (PRE).....	18
2.4. Medición y monitoreo de los RAEE	20
3.Consumo sustentable de aparatos electrónicos	21
4.Análisis comparativo: Alemania y México.....	25
4.1. Alemania.....	25
4.1.1. Normatividad.....	25
4.1.2 Actores clave	31
4.1.3 Programas e iniciativas.....	33
4.1.4 Situación actual de la generación, manejo de RAEE y consumo sustentable	37
4.2 México	42
4.2.1 Normatividad.....	42
4.2.2 Actores clave	52
4.2.3 Programas e iniciativas.....	53
4.2.4 Situación actual de la generación y manejo de RAEE	57
5.Comparación del sistema de reciclaje: Alemania y México	66
6.Otros ejemplos de buenas prácticas	69
7.Conclusiones	71
8.Recomendaciones	73
Recomendaciones en el corto plazo.....	73
En el mediano plazo	75
En el largo plazo.....	76
Referencias.....	78

Lista de figuras

Figura 1. Capacidad de atención por parte de las empresas al nivel de RAEE generados en México	7
Figura 2. Generación de RAEE a nivel mundial en 2016	9
Figura 3. Ciclo de vida de RAEE a nivel mundial en 2016.....	13
Figura 4. Clasificaciones de RAEE en la UE y México.....	15
Figura 5. El Principio de Responsabilidad Extendida y su contribución a la economía circular y reciclaje de RAEE	19
Figura 6. Etiqueta para los AEE que indica no tirar en la basura doméstica.....	29
Figura 7. Esquema de responsabilidad financiera y administrativa en Alemania para el manejo de RAEE: actores y responsabilidades.....	31
Figura 8. Coordinación en el sistema de reciclaje de RAEE en Alemania.....	32
Figura 9. Actores clave del sistema de reciclaje de RAEE en Alemania	33
Figura 10. Etiqueta Blauer Engel	34
Figura 11. Evolución de los RAEE recolectados y porcentaje alcanzado de acuerdo con la meta establecida por la Directiva WEEE.....	39
Figura 12. Línea del tiempo del cuadro normativo nacional e internacional sobre RAEE en México	46
Figura 13. Responsabilidad compartida en México para el sistema de manejo integral de RAEE ...	51
Figura 14. Etiquetas de eficiencia energética para lavadoras en la UE y México	54
Figura 15. Campañas de reciclaje emprendidas por fabricantes y distribuidores	56
Figura 16. Proyección de la generación de RAEE en México	59
Figura 17. Empresas con actividades de manejo integral de RAEE registradas ante SEMARNAT	61
Figura 18. Empresas con actividades de manejo integral de RAEE registradas ante SEMARNAT	62
Figura 19. Diagrama de recomendaciones para México.....	77

Lista de tablas

Tabla 1. Efectos de los componentes de los RAEE en la salud humana y en el medio ambiente.....	18
Tabla 2. México y Alemania: sistemas de reciclaje de RAEE	66
Tabla 3. México y Alemania: sistemas de reciclaje de RAEE	67
Tabla 4. México y Alemania: sistemas de reciclaje de RAEE	68

Lista de imágenes

Imagen 1. ÖrE en la ciudad de Berlín, Alemania (centro de acopio de RAEE)	28
Imagen 2. Negocios informales en la colonia Renovación ubicada en la CDMX	65

Acrónimos

BMBF	Ministerio Federal de Educación e Investigación
BMEL	Ministerio Federal de Justicia y Protección al Consumidor
BMJV	Ministerio Federal de Alimentación y Agricultura
BMU	Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear
BMZ	Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo
BUND	Unión para la protección del medio ambiente y la naturaleza
DUH	Acción Medioambiental Alemana
EBA	Instalaciones de tratamiento inicial
ENUDITH	Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en Hogares
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
INCyTU	Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
NABU	Naturschutzbund Deutschland
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OIT	Organización Internacional del Trabajo
Okopol	Instituto de Ecología y Política GmbH
ÖrE	Autoridades públicas de gestión de residuos
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PRE	Principio de Responsabilidad Extendida
RME	Residuo de Manejo Especial
SEDEMA	Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Stiftung EAR	Fundación EAR
UBA	Agencia Federal de Medio Ambiente
UE	Unión Europea
UNU	Universidad de las Naciones Unidas

Resumen ejecutivo

La generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) se ha acrecentado de forma exponencial en los últimos años debido a diversos factores, entre ellos, los cortos ciclos de innovación, la poca cultura de reparación y reutilización, el bajo nivel de recolección y reciclaje, así como, la falta de responsabilidades por parte de los fabricantes, distribuidores y autoridades. México es el segundo generador de RAEE en América Latina (1.1 millones de toneladas en el año 2016). El consumo sustentable de electrónicos y el reciclaje de RAEE son grandes desafíos. La falta de un manejo adecuado de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) puede resultar en daños graves a la salud humana, el medio ambiente y por ende pone en riesgo el desarrollo sostenible. Al mismo tiempo, presentan áreas de oportunidad aún no aprovechadas en términos ambientales económicos y sociales. Por ejemplo, de acuerdo con el Monitor Global de Basura Electrónica, el valor económico potencial de los materiales contenidos en los RAEE asciende a los 55 billones de euros.

Para aprovechar estas oportunidades y afrontar los retos es necesario dimensionar y contextualizar el problema, así como, identificar respuestas adecuadas, por ejemplo, con base en la experiencia de otros países. Con este estudio, que es parte de la Cooperación Internacional entre México y Alemania en el marco de la Alianza Mexicana-Alemana de Cambio Climático de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (Cooperación Alemana para el Desarrollo Sustentable) financiado por el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU), se pretende avanzar en esta dirección, contextualizando los conceptos de RAEE y consumo sustentable, y comparando el consumo sustentable de AEE y los sistemas de manejo de RAEE en Alemania y México. En dicha comparación se analiza la normatividad, actores clave en la implementación y operación, programas e iniciativas, así como, la situación actual de ambos países en estos temas con el fin de generar recomendaciones en el corto, mediano y largo plazo para México, así como, fortalecer la cooperación entre Alemania y México en materia de consumo sustentable y reciclaje de RAEE.

En 2017, Alemania reportó una tasa de recolección formal de RAEE equivalente al 45.08% del total de electrónicos en el mercado (BMU,2019). Para México no se tienen estadísticas oficiales, pero se estima que del total de RAEE generados a nivel nacional, alrededor de 10% se recolecta de manera formal, 40% permanece almacenado en casas habitación o bodegas y el 50% restante es enviado a rellenos sanitarios o tiraderos no controlados. ¿Cómo se pueden explicar estas diferencias? (INCyTU, 2018).

En Alemania, el manejo de RAEE está regulado por las normativas de la Unión Europea (UE) establecidas en la RoHS (Directiva 2011/65/UE de Restricción de ciertas Sustancias Peligrosas) y WEEE (Directiva 2012/19/UE de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos). Estas normativas buscan reducir el uso de materiales peligrosos y garantizar la recolección de los RAEE y su adecuado reciclaje. Para cumplir con dicha regulación, que incluye cuotas obligatorias de recolección determinadas por la UE, Alemania ha implementado una ley exclusiva para los RAEE denominada la ley ElektroG

(Elektro- und Elektronikgerätegesetzes)¹. Esta ley se basa en el principio de responsabilidad extendida, lo que significa que la responsabilidad principal de la recolección, manejo y disposición de los RAEE recae en los fabricantes. Ellos financian el sistema de reciclaje a través de una tarifa que pagan anualmente por estar registrados en Alemania como fabricantes de AEE y por una tarifa que se calcula a través de la tasa de AEE comercializados. Una institución independiente conocida como Fundación EAR (Stiftung elektro-altgeräte) que está bajo la autoridad de la Agencia Federal de Medio Ambiente (Umweltbundesamt, UBA)² está a cargo de la coordinación entre los actores y monitorea a los fabricantes de AEE y RAEE en el mercado.

En comparación, México tiene solamente una ley general para la gestión integral de los residuos (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)), definiendo a los RAEE como residuos tecnológicos y los clasifica como residuos de manejo especial. Debido a esta clasificación, los estados y municipios son los encargados de la prevención, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final. Por lo tanto, si el estado o municipio no cuenta con un sistema de manejo de RAEE, existe una alta probabilidad que los RAEE tengan como destino natural los sistemas de limpia municipal para la basura doméstica. De acuerdo con autoridades de SEMARNAT, 20 de los 32 estados cuentan con normativas relacionadas con manejo de residuos de manejo especial y ningún estado cuenta con alguna normatividad exclusiva para la gestión integral de los RAEE hasta junio 2019.

Además, la LGPGIR se sostiene bajo el principio de responsabilidad compartida, el cual implica que los RAEE son responsabilidad de productores, importadores, exportadores, comercializadores, consumidores, empresas recicladoras y de las autoridades de los tres órdenes de gobierno. Sin embargo, la normatividad no asigna obligaciones específicas para cada actor durante las diferentes fases del ciclo de vida de los electrónicos. En un contexto de altos niveles de impunidad, graves violaciones ambientales y débiles estructuras institucionales, la falta de claras responsabilidades desincentiva la recolección y manejo adecuado de los RAEE y desincentiva el consumo sustentable de los AEE.

En Alemania no solamente los fabricantes, sino también los vendedores y los municipios tienen responsabilidades específicas. Los vendedores están obligados de recibir los RAEE de las y los consumidores. De la misma forma los municipios, a través de las autoridades públicas de gestión de residuos identificadas como ÖrE (*öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger*), colocan centros de acopio para los RAEE recolectados por los vendedores o para que las y los ciudadanos los entreguen de forma directa. Las y los consumidores por su lado en ninguna circunstancia deben desechar sus RAEE fuera de estos actores asignados. En México, además del gobierno local, el sector privado puede recolectar y manejar los RAEE. Para hacerlo, la normatividad mexicana (NOM-161-SEMARNAT-2011) exige el registro de un plan de manejo en el que se detallen los procesos de recolección,

¹ Sitio oficial en <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/elektroaltgeraete/elektro-elektronikgeraetegesetz>

² Sitio oficial en <https://www.umweltbundesamt.de/>

reciclaje y disposición, los actores involucrados, así como, los mecanismos de difusión³. En 2017, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en conjunto con otras instituciones, identificó 153 empresas a nivel nacional con una capacidad de procesamiento aproximadamente 70,000 toneladas de RAEE (SEMARNAT, 2017). Por lo tanto, considerando que en 2016 se generaron 383,424 toneladas, es claro que México no tiene la suficiente infraestructura formal para hacerse cargo de sus RAEE. También existe un sector informal establecido en las principales ciudades del país del que poco se ha analizado.

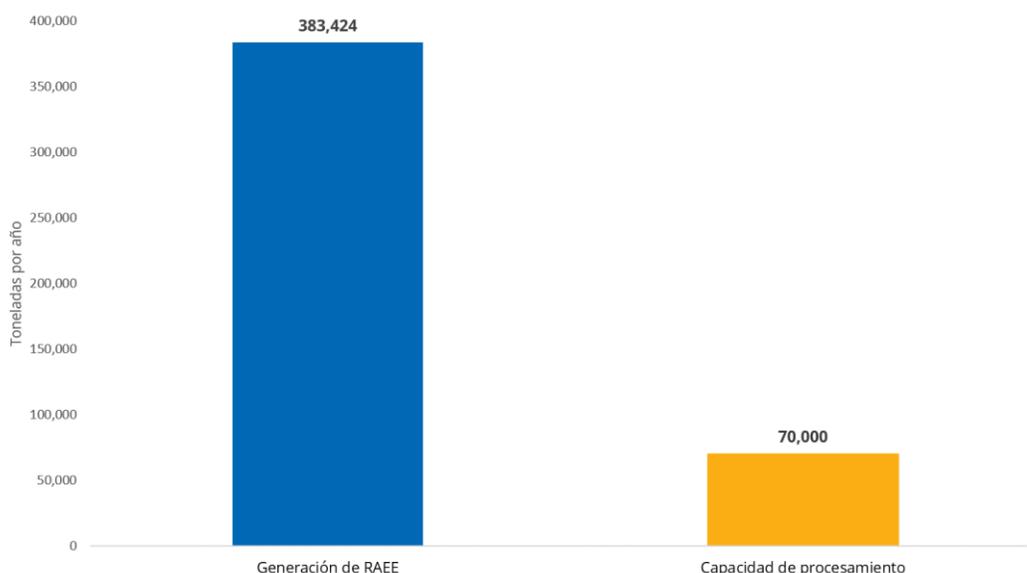


Figura 1. Capacidad de atención por parte de las empresas al nivel de RAEE generados en México
Fuente: Elaboración propia con información de SEMARNAT (2017)

En cuanto a políticas y programas relacionadas con el consumo sustentable de electrónicos y reciclaje de RAEE, Alemania tiene una larga tradición en etiquetas eco-ambientales y de diseño ecológico, programas escolares sobre consumo sustentable, iniciativas de reparación y programas ambientales y de recolección en el currículo escolar. En México se cuenta con normatividades en relación con etiquetas de eficiencia energética para algunos AEE, pero faltan esfuerzos en materia de información sobre consumo sustentable y reciclaje de RAEE.

De la misma forma, las campañas de recolección organizadas al nivel estatal y federal, con excepción del Recicladrón en la Ciudad de México (CDMX), han tenido un ciclo corto de operación. Un ejemplo prometedor es la colaboración entre la empresa recicladora Recicla

³ De acuerdo con la NOM-161-SEMARNAT, los residuos de manejo especial (RME) sujetos a presentar plan de manejo que se consideran RAEE de acuerdo con la definición presentada en este análisis (ver sección 2) son: computadoras personales de escritorio y sus accesorios, computadoras personales portátiles y su 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, impresoras, fotocopiadoras y multifuncionales, refrigeradores, aire acondicionado, lavadoras, secadoras y hornos de microondas. La NOM 161 es de observancia obligatoria para grandes generadores de RME, aunque se cuenta con capacidad de vigilancia limitada.

Electrónicos México (REMSA) con el gobierno de Querétaro para incentivar la recolección de RAEE. Esto a través de un beneficio fiscal en el pago de la verificación vehicular para los consumidores que envíen sus residuos a la empresa recicladora.

Cabe mencionar, que también el sistema alemán tiene sus debilidades y aún no ha logrado el mismo éxito que otros países de la Unión Europea como Suiza o Suecia. Entre sus debilidades están altos costos operativos, lo que incentiva la creación de “freeriders”⁴. Además, debido a la falta de información y ausencia de métodos suficientemente accesibles para regresar los RAEE, las y los consumidores todavía no participan de forma extensiva en el sistema. Vale la pena entonces, revisar elementos exitosos de otros países, como por ejemplo la tarifa de reciclaje por adelantado de Suiza, las iniciativas de recolección móvil en las zonas rurales en Suecia o las recomendaciones para incluir al sector formal en ciertas cadenas de valor del proceso de reciclaje formal que se han desarrollado en la India.

Con base en el análisis comparativo, el estudio desarrolló veinte recomendaciones concretas para el corto, mediano y largo plazo, enfocándose en los siguientes ejes:

- Mejoramiento del sistema de gobernanza y monitoreo.
- Colaboración cercana con fabricantes y vendedores para identificar incentivos en el reciclaje formal y analizar la factibilidad de la industria en términos económicos, políticos y jurídicos.
- Actualización de estadísticas e información sobre el sistema de manejo integral de RAEE (empresas, planes de manejo, generación de RAEE, etc.).
- Más información sobre el consumo sustentable de AEE dirigida a las y los consumidores y sistema educativo.
- Cooperación con iniciativas y organizaciones internacionales para conocer mejores prácticas.
- Implementación de etiquetas eco-ambientales.
- Análisis de diferentes esquemas de responsabilidad extendida, considerando instrumentos económicos, administrativos y de información.
- Evaluación del nivel de cumplimiento de los actuales planes de manejo.
- Examinación del sector informal.

⁴ En la literatura económica, el concepto “free-riders” en este documento hace referencia a los actores del mercado de electrónicos que se benefician de estos bienes sin haber contribuido a la financiación del sistema de reciclaje.

1. Introducción

En la última década, el reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), así como, la prevención para la generación de RAEE, a través del consumo sustentable, ha recibido mucha más atención en las políticas públicas enfocadas en la protección al medio ambiente y desarrollo sostenible. Por un lado, de acuerdo con el Observatorio Mundial de la Basura Electrónica, el 80% de las 44.7 millones de toneladas de RAEE se reciclan en el sector informal bajo condiciones laborales riesgosas para la salud de los trabajadores y que perjudican al medio ambiente. Por el otro, la recolección de RAEE y la inclusión de los electrónicos en un esquema de economía circular siguen siendo retos para las políticas medioambientales y de desarrollo económico en países tanto desarrollados como en desarrollo. En 2016, la región con mayor producción de RAEE por habitante fue Estados Unidos/Canadá (21 kg por habitante), seguidos por Europa (15.6 kg), Oceanía (15.2 kg), Latinoamérica (6.6 kg) y África (1.7 kg). En el continente europeo, Alemania es el primer generador de RAEE mientras que, en América Latina, México ocupa el segundo lugar, después de Brasil (Baldé, C. et al., 2017)

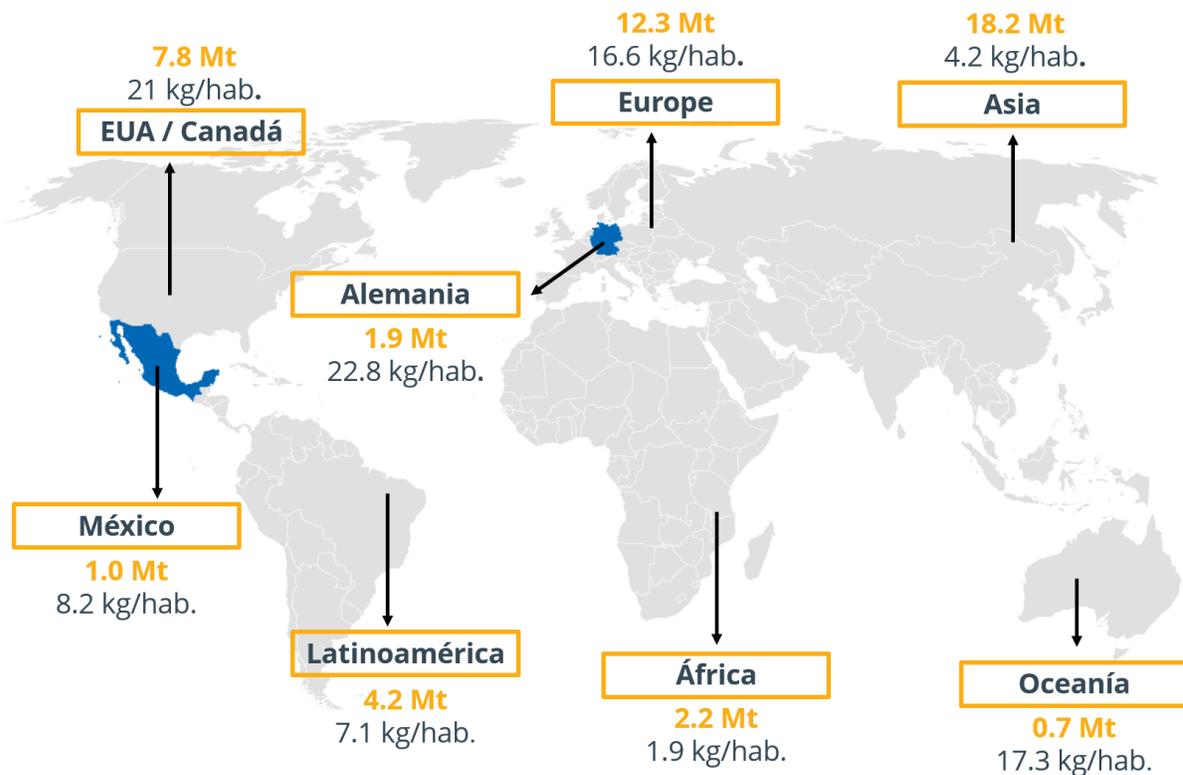


Figura 2. Generación de RAEE a nivel mundial en 2016
Fuente: Elaboración propia utilizando datos de Baldé. et al. (2017)

En los últimos años se ha dado lugar a varias discusiones a nivel mundial sobre las responsabilidades de los fabricantes, gobiernos, empresas de reciclaje y consumidores en la producción y uso de AEE, así como, en la generación, manejo y disposición de RAEE con el fin de disminuir el desastroso impacto que generan este tipo de residuos en la sostenibilidad

del medio ambiente. Por ejemplo, en la India se estima un aumento de usuarios de smartphones, pasando de los 340 millones hasta los 457 millones en 2023. La mayoría de estos celulares son versiones económicas que llevan baterías de único uso. Algo que no sólo significa un aumento de RAEE sino también un consumo poco sustentable dado que son más consumidores comprando un nuevo celular cada uno o dos años debido al corto ciclo de vida útil de los dispositivos. En Accra, la capital de Ghana, cada día entran contenedores de RAEE de países industrializados. En los medios alemanes se refieren a este fenómeno como la “basura de lujo”. En los vertederos de Accra, niñas y niños queman la basura con el fin de extraer cobalto, coltán u oro de los RAEE contenidos en las baterías, condensadores y circuitos electrónicos de nuestros celulares, laptops y otros dispositivos con el fin de obtener una fuente de ingreso.

El tema del consumo sustentable de AEE, así como, el reciclaje de RAEE han dejado de ser temas exclusivamente técnicos y ambientales. Hoy en día, el aumento de los RAEE se ha convertido en una problemática mundial que reta a los países y sociedades, surgiendo preguntas como: ¿Qué hacer para mejorar la economía circular de los electrónicos? Si el reciclaje informal representa un ingreso para las personas con escasos recursos ¿Cómo podrían transitar hacia la formalidad? ¿Los fabricantes pueden vender productos sin responsabilizarse del reciclaje de sus productos y residuos? ¿Quién debería pagar por el servicio de reciclaje: consumidores, gobierno o fabricantes?

La Unión Europea (UE) es un referente a nivel mundial en términos de sistemas de manejo de RAEE. De acuerdo con el último reporte de la Directiva 2012/19/EU, órgano encargado del tema de RAEE, en 2017, todos sus miembros ya contaban con un sistema formal de recolección, transporte y tratamiento financiado con recursos privados o públicos y la mitad de los Estados lograron cumplir con su objetivo de recolección (4 kg por habitante). Alemania, como miembro de la UE, cuenta con una larga tradición en el tema de reciclaje de residuos y el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ) ha establecido como uno de sus objetivos promover la sustentabilidad del manejo de los RAEE, ofreciendo apoyo técnico a distintos países en los ejes de desarrollo de regulaciones y estándares medioambientales para los sistemas de reciclaje, incentivación de la responsabilidad del productor sobre los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) a lo largo de su ciclo de vida y mejora de recuperación de materiales a través de modelos de negocios inclusivos (BMZ, 2017).

A pesar de que la generación de RAEE en México no es un problema menor, siendo este país el segundo productor más grande de este tipo de residuos a nivel Latino América, no existen regulaciones específicas sobre los RAEE. Lo que se tiene actualmente es una normatividad de residuos en general que es confusa, estrecha y poco eficiente para enfrentar el reto que representa la generación, recolección y reciclaje de RAEE. De acuerdo con la Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión (INCyTU 2018), del total de RAEE generados a nivel nacional, alrededor del 10% se recicla, 40% permanece almacenado en casas habitación o bodegas y el 50% restante es mandado a rellenos sanitarios.

Bajo este contexto y en el marco de la Alianza Mexicana-Alemana de Cambio Climático de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), el presente documento

tiene como objetivo realizar un análisis comparativo del reciclaje de RAEE en México y Alemania con el fin de generar una serie de recomendaciones de política pública que permitan al gobierno mexicano aprovechar los esfuerzos existentes en la materia, construir un sistema responsable y sostenible de reciclaje, así como, promover intervenciones relacionadas con el reuso, reparación y reacondicionamiento de los AEE.

Para la elaboración de este análisis se realizó una investigación bibliográfica, documental y vía internet, así como, entrevistas con actores clave. Se agradecen las contribuciones de los gobiernos mexicano y alemán a través de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) y Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA), la Agencia Alemana del Medio Ambiente (UBA, por sus siglas en alemán) y el Ministerio de Medio Ambiente, Clima y Energía de Baden-Württemberg. Asimismo, las aportaciones del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), de la iniciativa StEP, de la asociación de consumidores Verbraucherzentrale del estado de Norte-Westfalia, del WEEE Forum y de la empresa privada REMSA localizada en el estado de Querétaro en México.

2. Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)

Antes de definir el término Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) es importante especificar qué se entiende por aparatos eléctricos y electrónicos (AEE). La Directiva 2012/19/EU define a los AEE como todos los aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos, y que están destinados a utilizarse con una tensión nominal no superior a 1,000 voltios en corriente alterna y 1,500 voltios en corriente continua.⁵ Una definición menos precisa y amplia es la de la iniciativa StEP (Solving the e-waste problem), que define a los AEE como cualquier artículo de uso doméstico o comercial con circuitos o componentes eléctricos con suministro de energía o baterías (STEP, 2014:4).

Ahora ¿Qué se entiende por RAEE? En la Unión Europea, la Directiva 2012/19/EU los define como todos los AEE, incluidos sus componentes, subconjuntos y consumibles, que pasan a ser residuos en el momento en que se desechan⁶. La iniciativa StEP define a los RAEE como aquellos aparatos de equipamiento eléctrico y electrónico, así como a sus partes, que han sido desechados por el propietario como basura sin la intención de reutilizarlos (STEP, 2014:4).

El BMU (2019) identifica que los AEE normalmente son identificados como RAEE cuando:

- Los AEE son destinados al desecho o reciclaje en lugar de reusarlos.
- Los AEE no están completos, es decir, carecen de partes esenciales que impiden su funcionamiento o disminuyen su desempeño.
- Los AEE muestran defectos que afectan su funcionalidad.
- Los AEE muestran daño físico que perjudica su operatividad o seguridad y que no pueden ser reparados a un costo razonable.
- La protección contra daño durante las operaciones de transportación carga y descarga es inapropiada, es decir, el empaçado es insuficiente.
- Los AEE lucen dañados o desgastados y esto reduce su comerciabilidad.
- Los AEE tienen entre sus partes componentes peligrosos que requieren manejo especial debido a la normatividad existente.
- Ya no existe mercado para esos AEE porque fueron sobrepasados por la innovación tecnológica, por ejemplo, los discos compactos, grabadoras, televisiones analógicas, etc.
- El aparato electrónico está destinado a su desmontaje para obtener algunas de sus partes, pues el precio pagado por éstas es superior al precio del aparato electrónico reusado.

⁵ Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), Artículo 3, Fracción 1, apartado a), publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea el 04 de julio del 2012.

⁶ *Ibidem*, apartado e)

2.1. Ciclo de vida y clasificación de los RAEE

2.1.1. Ciclo de vida

El ciclo de vida de los AEE para convertirse en RAEE comprende las fases de producción, distribución, uso, generación y disposición de RAEE (ver figura 3). En la fase de producción, los fabricantes diseñan los AEE y los manufactureros y ensambladores extraen, procesan y ensamblan diferentes tipos de recursos naturales para producir los AEE. En la fase de distribución, los fabricantes a través de distribuidores y tiendas ofrecen en el mercado los AEE. Hoy en día, con el comercio electrónico, una persona que no necesariamente esté registrada como vendedor puede distribuir los AEE en el mercado.

Al terminar su uso y antes de pasar a la fase de generación, los RAEE pueden ser objeto de distintos tratamientos que implican:

- Reutilización y extensión de la vida útil: el equipo goza de mantenimiento continuo, es reparado o reacondicionado o puede ser transferido a un segundo usuario por medio de la venta o donación.
- Recuperación de partes: las partes del dispositivo electrónico pueden ser utilizadas en otro nuevo equipo como refacciones.

La fase de generación de RAEE llega cuando el consumidor decide desechar su dispositivo sin la intención de reutilizarlo. Gracias a las encuestas y análisis de patrones de consumo se ha identificado que para las y los consumidores desechar no es sinónimo de tirar. El dispositivo puede ya no seguir siendo utilizado, pero el consumidor decide almacenarlo por distintas razones relacionadas con la prevención (reposición en caso de descompostura del nuevo dispositivo), falta de información sobre qué hacer, poca o nula disposición para llevarlo a los centros de acopio, melancolía (sentido de pertenencia sobre el dispositivo), entre otras (weee-full service, 2019).

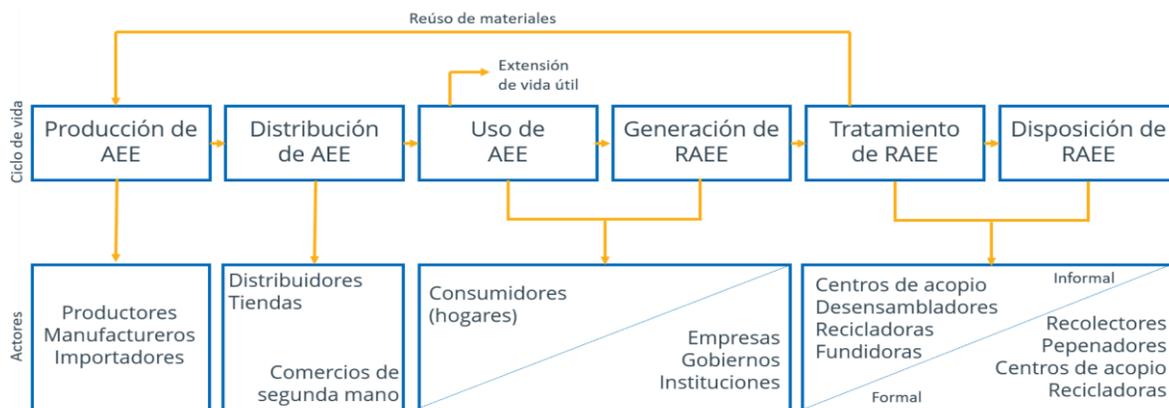


Figura 3. Ciclo de vida de RAEE a nivel mundial en 2016

Fuente: Elaboración propia con base en información de Cruz-Sotelo et al. (2017).

Entre la fase de generación y la etapa de manejo ocurre la recolección de los RAEE, en la cual, el consumidor puede entregar su RAEE a un centro de acopio, al fabricante/distribuidor o al sector informal. Después de ser almacenados, los RAEE pasan a la etapa de tratamiento, donde son separados, desensamblados y valorizados. Los materiales con potencial económico como metales, vidrios y plásticos son reciclados y reutilizados por la misma industria de electrónicos o por otras industrias. De esta forma, los RAEE pasan a ser componentes de otros dispositivos y con este aprovechamiento se cierra el ciclo económico de estos residuos.

Los materiales no utilizables son los que pasan a la etapa final que es la disposición, donde se envían a procesamiento, confinamiento o exportación. Estos materiales, por lo regular, contienen sustancias peligrosas como plomo, mercurio, cadmio, cromo o contaminantes orgánicos persistentes (conocidos como residuos compuestos orgánicos persistentes -COP) que, por sus propiedades físicas y químicas, perduran y se transportan fácilmente por el agua, aire o especies migratorias, causando daños severos a la salud humana y vida silvestre.

Para la definición de políticas públicas sustentables es importante comprender el ciclo de vida de los electrónicos porque a través de éste se pueden definir intervenciones factibles de acuerdo con cada etapa, por ejemplo, campañas de información sobre los beneficios de reparación cuando el equipo electrónico todavía está en uso. Asimismo, por medio del ciclo de vida es posible identificar los agentes involucrados en cada etapa y los grupos de interés que podrían promover o entorpecer la construcción, regulación y mejora de un sistema de reciclaje de RAEE.

2.1.2. Comparación de Clasificación de los RAEE

A nivel internacional, existen diferentes clasificaciones de los RAEE. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) divide a los residuos en dos grupos: eléctricos y electrónicos. La Unión Europea, a través de la Directiva 2012/19/EU divide a los RAEE en **6 categorías**: equipos de intercambio de temperatura (refrigeradores, aires acondicionados, etc.), pantallas (televisiones, monitores, etc.), lámparas, grandes equipos (lavadoras, secadoras, equipo empresarial e industrial de fotocopiado, etc.), pequeños equipos (videocámaras, aspiradoras, relojes inteligentes, etc.) y pequeños equipos de tecnologías de información y comunicación (celulares, tablets, laptops, impresoras, etc.) (ver *Figura 4*).

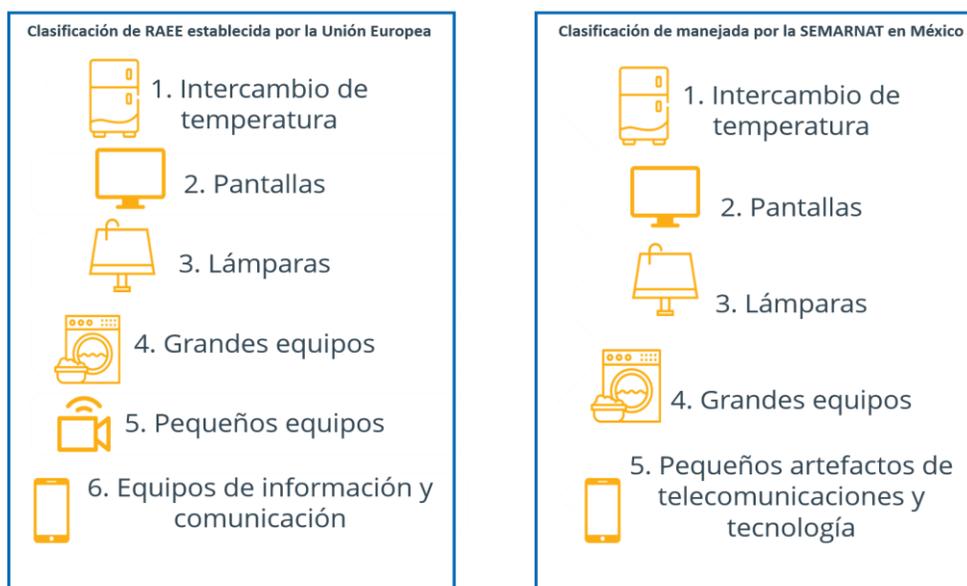


Figura 4. Clasificaciones de RAEE en la UE y México
Fuente: Elaboración propia con base en información de UE (2018) e INCyTU (2018).

En México, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) asigna el término **residuos tecnológicos** a los 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.⁷ Sin embargo, aun cuando existe una ley y normatividades derivadas de ésta para el reciclaje de residuos tecnológicos, **no existe propiamente una ley específica sobre el reciclaje de los RAEE** y tampoco una clasificación formal de este tipo de residuos (González et al., 2014: 68).

En distintos estudios y publicaciones, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) los divide a partir de su gestión y manejo en **5 categorías**: equipos de intercambio de temperatura (refrigeradores, congelador, aire acondicionado, bomba de calor), pantallas (televisiones, monitores, computadoras portátiles, tabletas), lámparas (tipo LED), grandes equipos (lavadoras, secadoras, lavavajillas) y pequeños artefactos de telecomunicaciones y tecnología (teléfono celular, dispositivos GPS) (SEMARNAT, 2010; SEMARNAT 2017).

2.2. Impactos negativos de los RAEE y su potencial económico y socioambiental

Los procesos de producción de RAEE deben apuntar a un uso más eficiente de los recursos, así como, a la recuperación de materiales valiosos para integrarlos nuevamente a la cadena de producción. Esto con el fin de disminuir los impactos negativos traducidos en daños ambientales y en la salud humana, los cuales, por su naturaleza intangible, no se contabilizan ni se incorporan al precio del mercado. Para ejemplificar algunos de los

⁷ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Artículo 19, Fracción VIII, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 08 de octubre de 2013; última reforma: 19 de enero de 2018.

impactos negativos están los siguientes casos internacionales relacionados con daños a la salud, violaciones a los derechos laborales y costos ambientales:

- En Guiyu, China se han encontrado elevadísimos niveles de metales tóxicos y residuos COP en muestras de polvo, suelos, sedimentos de ríos, aguas superficiales y aguas subterráneas. De acuerdo con un estudio, el reciclaje informal de RAEE en esta ciudad provocaba un riesgo de mortalidad cuatro veces mayor que en la región control (Xu et al., 2012). La exposición a las sustancias tóxicas en los RAEE puede provocar cáncer de piel o pulmones, afectaciones en el sistema nervioso y muscular, incremento en la presión sanguínea, irritación de ojos, entre otros padecimientos (ver *Tabla 1*).
- En Filipinas, las actividades de reciclaje de RAEE han contribuido a incrementar los niveles de plomo en la sangre, especialmente en niños y lactantes. De acuerdo con (Fujimori et al., 2012) se calcula que en Filipinas la exposición de los niños al plomo le cuesta al país 3.82% del PIB.
- En Nigeria, los recicladores de RAEE están expuestos a sustancias tóxicas de dos formas. Primera, a través del contacto directo y absorción por medio de la piel y segunda, por medio de la inhalación de gases generados a través de la quema de cobre y cables de PVC para extraer algunos materiales. De acuerdo con una encuesta elaborada por (Ogungbuyi, Osibanjo, & Schluep, 2012), los recicladores en Nigeria sufren de irritación del sistema digestivo y dolores de cabeza, asimismo, sufren cortes en la piel y lesiones en la columna vertebral por las rigurosas condiciones de trabajo.
- En la India, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha documentado que el sector informal de reciclaje de RAEE emplea a migrantes y personas de grupos marginados. Entre ellos hay mujeres y niños que trabajan jornadas de 12 a 14 horas diarias, sentados en el suelo sin ningún tipo de protección. Muchos trabajadores también laboran en espacios reducidos, sin ningún tipo de ventilación y sin baños o agua potable (CIEL, 2016).

De acuerdo con ONU (2017), los RAEE son área de atención de la Agenda de Desarrollo Sostenible a través del Objetivo 3. Salud y Bienestar, Objetivo 8. Trabajo Decente y Crecimiento Económico, Objetivo 11. Ciudades y Comunidades Sostenibles y el Objetivo 12. Producción y Consumo Sustentables, específicamente en las siguientes metas:

- 3.9 Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo
- 8.3 Promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de puestos de trabajo decentes, el emprendimiento, la creatividad y la innovación, y fomentar la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas, incluso mediante el acceso a servicios financieros

- 8.8 Proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y sin riesgos para todos los trabajadores, incluidos los trabajadores migrantes, en particular las mujeres migrantes y las personas con empleos precarios.
- 11.6 De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.
- 12.4 De aquí a 2020, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.
- 12.5 De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.

Desde la teoría económica, los RAEE son un típico caso de externalidad negativa. Los costos de recolección, manejo y disposición de este tipo de residuos no se internalizan en el precio de los dispositivos electrónicos y además afectan de forma negativa a la sociedad, como se ejemplifica en los puntos anteriores, sin que ésta sea compensada por los perjuicios generados por los RAEE. En la práctica una de las vías para corregir externalidades negativas es por medio de la intervención estatal utilizando impuestos, medidas regulatorias y de control con el fin de compensar los efectos externos y que los costos sean asumidos por los participantes, en este caso, por las y los actores presentes a lo largo del ciclo de vida de los AEE para convertirse en RAEE.

Un ejemplo de intervención estatal para corregir la externalidad negativa que representan los RAEE son los países integrantes de la Unión Europea en donde se desarrolló un marco regulatorio para los RAEE, incentivando el diseño ecológico de los AEE, creando un mercado formal para el reciclaje, manejo y disposición de este tipo de residuos y además limitando el uso de sustancias peligrosas en AEE como plomo, cadmio, mercurio, cromo, entre otros (UE, 2017).

Existen varios **beneficios generados a partir de la regulación de RAEE**, entre los que se encuentran:

- Mejoras en el diseño de los dispositivos electrónicos que se traducen en utilización de materiales más sustentables y prolongación de la vida útil de los AEE.
- Reducción en los impactos negativos a la salud humana y medio ambiente como son cambio climático, enfermedades respiratorias, acidificación de los suelos y agua, toxicidad del ecosistema.
- Recuperación de materiales valiosos como el oro, aluminio, plásticos que tienen altos costos en el mercado que de otra forma estarían siendo depositados como residuos. De acuerdo con estimaciones, los ingresos potenciales de la UE procedentes del reciclado de RAEE rondan entre los 2,150 y 3,670 millones de euros (Cucchiella, D'Adamo, Lenny Koh, & Rosa, 2015).
- Generación de empleos formales e implementación de acciones para reducir el reciclaje informal. A pesar de la normatividad se calcula que en la UE las pérdidas por la recolección informal ascendieron a 171 millones de euros en el año 2016 (Magalini & Huisman, 2018).

- Aprovechamiento de materias primas para la fabricación de nuevos AEE. Se estima que el 95% de una computadora puede ser reciclable, desde el disco duro y la memoria hasta la tarjeta madre y sus conectores de oro y plata (sin monitor) y en lo que respecta a un celular, el porcentaje reciclable es de 92.5% (González, et al. 2014)

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

Tabla 1. Efectos de los componentes de los RAEE en la salud humana y en el medio ambiente
Fuente: Elaboración propia utilizando información de Ogungbuyi, Osibanjo, & Schluep (2012) y González (2014).

2.3. Principio de Responsabilidad Extendida (PRE)

El Principio de Responsabilidad Extendida (PRE) es un concepto orientado a promover mejoras ambientales a lo largo del ciclo de vida de los productos. Consiste en extender las responsabilidades de los fabricantes del producto en varias fases del ciclo de vida, especialmente en la recuperación, reciclaje y disposición final (Manomaivibool, Panate, Lindhqvist, Thomas; Tojo, 2007). El PRE no sólo busca asegurar la gestión adecuada de RAEE en términos ambientales, sino que pretende atacar la causa principal del problema: el diseño de productos y de los sistemas.

Con la experiencia de las últimas décadas, en muchas partes del mundo PRE se ha establecido como buena práctica para la disposición de los RAEE. En la ley de la Unión

Europea, el PRE significa que los fabricantes y distribuidores deben asumir la responsabilidad financiera y organizativa del tratamiento de sus productos a lo largo del ciclo de vida útil de dichos AEE, así como de los RAEE de éstos, incluyendo las operaciones de disposición, que incluyen la recolección, separación, clasificación y tratamiento (Directiva 2012/19/EU, 2018). El PRE, por medio de instrumentos administrativos, económicos e informativos, contribuye a la economía circular y al reciclaje formal y adecuado de los RAEE en aspectos como los siguientes: (Baldé, et al. 2017: 49; González et al., 2014; UN, 2017) (ver *Figura 5*):

- 1 **Diseño medioambiental:** los productores al ser los responsables de los costos que implican los RAEE tienen incentivos para promover el diseño y producción de los aparatos eléctricos y electrónicos que permita facilitar su reparación, posible mejora, reúso, desmantelamiento y reciclaje. Los fabricantes pueden minimizar el costo que implica el fin de la vida útil de sus productos por medio del eco-design, medidas de reúso, reparación o reacondicionamiento. Una de las estrategias de eco-design es que las sustancias y componentes de los AEE sean más fáciles de remover antes del proceso de tratamiento. Por ejemplo, en el caso de los paneles LCD que contienen retroalimentación de mercurio, la innovación en el eco-design consiste en quitar con mayor facilidad y rapidez dicho componente. Lo que ahorraría mano de obra costosa y por lo tanto reduciría el costo de reciclaje para los productores (González et al., 2014).
- 2 **Prolongación de la vida útil:** se promueve la introducción de extensión de garantías y se busca la eliminación de barreras para el reacondicionamiento de los productos (UN, 2017).
- 3 **Transparencia, eficiencia y efectividad de los procesos de recolección, tratamiento, reúso y reciclaje:** existen responsables de cada etapa del proceso de recolección.

Instrumentos basados en el PRE

- **Administrativos:** Establecimiento de metas de recolección, reutilización y de reciclado, formalización de normas y restricciones de tratamiento, definición de estándares y buenas prácticas, etc.
- **Económicos:** impuestos en la compra de AEE, tarifas por registro de AEE, sistemas de depósito-reembolso, subsidios, créditos para reciclaje, etc.
- **Informativos:** reportes a las autoridades correspondientes, etiquetas sobre los componentes de los AEE y su proceso de recolección para los consumidores, información sobre los efectos de una mala disposición de los RAEE, campañas sobre los centros de acopio, etc.

Contribuciones en la economía circular y reciclaje de RAEE

- Diseño medioambiental
- Prolongación de la vida útil
- Concientización sobre el problema
- Creación de nuevos mercados y empleos
- Esquema de financiamiento para el reciclaje, manejo y disposición de los RAEE
- Trazabilidad de las diferentes etapas del ciclo de vida
- Generación de estadísticas sobre la generación y reciclaje de RAEE
- Sistema de monitoreo sobre el nivel y forma de cumplimiento

Figura 5. El Principio de Responsabilidad Extendida y su contribución a la economía circular y reciclaje de RAEE
Fuente: Elaboración propia utilizando información de Manomaivibool, Panate; Lindhqvist, Thomas; Tojo (2007).

El comercio electrónico representa un reto para el principio de PRE. Los vendedores a distancia, que no están registrados o pertenecen a países con regulaciones de reciclaje de RAEE distintas, muchas veces no asumen los costos de reciclaje, manejo y tratamiento de los RAEE y se convierten en *freeriders*. Los *marketplaces* evaden legalmente la responsabilidad extendida al ser una entidad que no figura en la normatividad, ni como productor ni como mayorista vendedor. Esto significa un desincentivo para el resto de los productores a cumplir con sus obligaciones.

Se calcula que en 2010 en el sistema de RAEE de la Unión Europea, entre el 10-20 de los actores potenciales al PRE se comportan como *freeriders*. A partir de ello se han discutido algunos cambios para la normativa como obligar a los *marketplaces* a solicitar a los proveedores de AEE su registro como figura REP ante las autoridades, introducir la figura de Representante Autorizado para aquellos *marketplaces* ubicados fuera de un Estado miembro o diseñar un sistema de recolección con las empresas de logística (UE, 2018). Un ejemplo de buena práctica en este sentido es Japón con su Ley de Reciclaje de Electrodomésticos Específicos (SHARL), la cual obliga a los minoristas a aceptar por parte de los consumidores los productos al final de su vida útil si ellos venden productos similares al producto de reemplazo, así como, productos que ellos vendieron en el pasado. También están obligados a entregar los productos recolectados en instalaciones establecidas por los productores y se les permite cobrar un costo a las y los consumidores para cubrir este proceso (Bakker, et al. 2017).

Con la globalización y las plataformas en línea, los actores y canales involucrados en la producción y venta de un aparato electrónico se han vuelto más heterogéneos. Esto representa un reto para la aplicación de la normatividad y monitoreo del reciclaje de RAEE.

2.4. Medición y monitoreo de los RAEE

No se puede mejorar un problema si se desconoce su magnitud. El monitoreo de generación de RAEE es esencial para medir su evolución, establecer metas y cuantificar avances, así como, para diseñar políticas públicas que atiendan el problema. A pesar de la creciente generación de RAEE y su impacto negativo en el medio ambiente, hoy en día existen pocas estadísticas oficiales sobre este tipo de residuos. De acuerdo con (Balde, C. P. et al., 2017: 24) sólo 41 países tienen estadísticas sobre sus RAEE, en los que se encuentran los 28 países miembros de la UE, Argentina, Chile, China, Rusia, Serbia, Australia, entre otros.

Con el objetivo de mejorar la medición y monitoreo de este tipo de residuos, la Asociación para la Medición de las Tecnologías de Información para el Desarrollo ha generado una metodología para contabilizar la generación de RAEE que es utilizada por la Universidad de las Naciones Unidas y que desde 2014 publica un reporte sobre el nivel de RAEE a nivel mundial.⁸ Esta metodología identifica cuatro indicadores para mostrar las distintas fases del ciclo de vida de los electrónicos: 1) total de AEE en el mercado, 2) total de RAEE generados, 3) total de RAEE oficialmente recolectados y reciclados y 4) tasa de recolección de RAEE.

⁸ Ver Baldé, C.P., Forti V., Gray, V., Kuehr, R., Stegmann, P.: The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna.

3. Consumo sustentable de aparatos electrónicos

Los recursos no son infinitos y hoy en día, la humanidad está sobrepasando los límites ecológicos, consumiendo recursos y generando desechos a una tasa insostenible. Ante este hecho, la Organización de las Naciones Unidas estableció la Agenda 2030, incluyendo al consumo sustentable como uno de los 17 objetivos.

El consumo sustentable (y producción) fueron definidos en el Simposio de Consumo Sostenible 1994 como el uso de los servicios y productos relacionados que responden a las necesidades básicas, mejoran la calidad de vida y que al mismo tiempo minimizan el uso de los recursos naturales y materiales tóxicos, así como, las emisiones de desperdicios y contaminantes a lo largo del ciclo de vida del producto o servicio con el fin de no comprometer las necesidades de las generaciones futuras (OCDE, 1999).

Es clave comprender que el consumidor tiene un papel múltiple en el contexto de consumo sustentable, por ser parte de la causa, el afectado y potencialmente la solución de los problemas globales del medio ambiente (ver Kruse 2004, S.282). Más allá de esto, las organizaciones internacionales y regionales han reconocido que es necesario tener una mejor comprensión del rol del consumo en el desarrollo sostenible que involucre no sólo el qué se consume sino también el cómo, cuánto y por qué se consume desde la perspectiva del productor y, principalmente, del consumidor (Pantzar, M., 2018; United Nations, 2017).

Con respecto a la conciencia ambiental, ésta se diferencia en tres dimensiones: el conocimiento, las actitudes, y el comportamiento (Kuckartz u.a., 1995). En contraste con un supuesto común existe poca evidencia sobre un vínculo causal entre las tres dimensiones, es decir, el comportamiento sustentable no necesariamente resulta del alto conocimiento, y al revés, individuos con mucha conciencia no necesariamente actúan sustentablemente.

En la psicología también se habla del *“value-action gap”*, para describir la brecha entre actitudes de personas que no se traducen en comportamiento de la vida cotidiana. Por ejemplo, mientras que, en diferentes encuestas, del 30% al 50% de las y los consumidores indican su intención por comprar productos sostenibles, la participación de mercado de estos productos suele ser inferior al 5% de las ventas totales (Carrington et al., 2010; Young et al., 2010).

Para identificar estrategias viables para incrementar el consumo sustentable de AEE, se tienen que tomar en cuenta las razones que explican la brecha entre conocimiento, conciencia y comportamiento. Las explicaciones más comunes que se discuten son las siguientes:

- **Teoría de elección racional:** la actitud ambiental influye positivamente en el comportamiento, siempre y cuando ésta signifique costos bajos para el individuo. Los costos deben entenderse en un sentido amplio que incluye no solamente aspectos económicos sino también sociales, culturales o de necesidades (ver Preisendörfer et al., 1999, pp. 81f.). En general, los costos están determinados por aspectos socioculturales (ver Pofert et al., 1997, p.65). La separación doméstica de

residuos, por ejemplo, se puede asociar con costos relativamente bajos y una integración fácil en la vida cotidiana. En el caso de los RAEE, investigar un punto de acopio y llevar una televisión en coche a este punto puede parecer un costo más alto. También la renuncia al bienestar subjetivo puede entenderse como un aumento de costo. Derivado de esta teoría, rechazar la oferta de un nuevo celular, que viene como parte de la renovación de un contrato, se puede entender como una censura de libertad.

- **Complejidad:** a la mayoría de las personas les resulta difícil relacionar sus hábitos de consumo personal con problemas a gran escala, como el cambio climático.
- **Falta de orientación:** como señalan varios estudios, muchas veces resulta difícil para el consumidor identificar productos sustentables, sobre todo cuando se trata de productos complejos como los dispositivos electrónicos. El resultado de esta falta de comprensión es un sentimiento de impotencia (Moisander, 2007) y una preferencia a otros aspectos, como diseño, precio, etc. (Biel and Dahlstrand, 2005, Young i. o., 2010).
- **El dilema de los comunes:** donde los individuos actuando de forma egoísta y con un pensamiento de corto plazo, ignorando el interés común y el impacto en el largo plazo, terminan por destruir un recurso compartido (común) y limitado. Esto sucede a pesar de que, aunque a ninguno de ellos, ya sea como individuos o en conjunto, les conviene tal destrucción (Hardin, 1994). Mientras el daño se presenta para el grupo en el futuro, al menos en el corto plazo los *freeriders* obtienen un beneficio. Por ejemplo, uno puede pensar que no tiene consecuencias relevantes al deshacerse de su dispositivo electrónico de la forma incorrecta en la basura doméstica mientras todos los demás cumplen con la regla.

Analizando las políticas desarrolladas en Europa, se pueden distinguir tres principales estrategias para promover el consumo sustentable: sensibilizar a las y los consumidores por medio de información, facilitar el consumo sostenible y hacer más ecológicos los mercados (IÖW, 2009).

La **estrategia de eficiencia** se basa en el uso eficiente de la energía y los productos, así como, en la selección de equipos o servicios de bajo impacto ambiental (Unmüßig et al., 2012). Básicamente, el modelo del “green economy” se basa en este concepto. Sin embargo, estudios demuestran efectos de rebote en relación con la eficiencia por un comportamiento de compensación y mayor consumo (Balderjahn, 2013).

La **estrategia de consistencia** se refiere a los productos donde el proceso de producción está en línea con la naturaleza, como las energías renovables y los productos orgánicos, y en el caso ideal, diseñar los productos de tal manera que puedan ser completamente reutilizados o devueltos a la naturaleza después de su uso sin dejar ningún residuo (Huber, 1998). En este sentido, la economía circular se basa en las estrategias de consistencia.

Por último, la **estrategia de suficiencia** que se refiere al abandono del consumidor (boicot de ciertas compañías de alimentos) o una práctica de consumo reducido. Mientras que las estrategias de eficiencia y consistencia pueden tener efectos pertinentes para transformar el consumo hacia una forma más sustentable, el efecto no será suficiente para lograr los cambios necesarios. Cabe mencionar que mientras las estrategias de consistencia y de

eficiencia son coherentes con los modelos actuales de las economías de mercado, las estrategias de suficiencia van en contra del modelo de crecimiento económico infinito, porque la idea principal es tener menos consumo y menos producción.

Asimismo, se ha identificado la necesidad de diseñar e implementar políticas y programas que combinen distintos instrumentos relacionados con la regulación, asimetrías de información y economía del comportamiento para alcanzar una reducción de los impactos del consumo en el medio ambiente y que al mismo tiempo se mantenga o incremente la calidad de vida de las personas.

Una práctica que está tomando terreno en las políticas enfocadas en la disminución de los RAEE es la extensión de la vida útil de los AEE. Existen diferentes formas de hacerlo: 1) simplemente usando los productos electrónicos por más tiempo, 2) ampliando su uso a través de un mejor diseño, 3) arreglando productos descompuestos por medio del mantenimiento, reparación o reacondicionamiento (Bakker et al. 2017).

Con el fin de contribuir al consumo sustentable de aparatos electrónicos, a finales de 2019, la Comisión Europea aprobó un nuevo paquete de medidas de ecodiseño para televisores, pantallas, refrigeradores, lavadoras, lavavajillas, entre otros. Se espera que estas nuevas regulaciones permitan ahorrar 167 TWh de energía cada año de 2020 a 2030. Lo que equivale al consumo anual de energía de Dinamarca.⁹

El principal pilar de este paquete es la prolongación de la vida útil de los aparatos, por medio de la reparación y reutilización. Las piezas de repuesto deberán estar disponibles mínimo por 7 años y 10 años para refrigeradores y lavadoras, respectivamente. Además, el productor debe asegurarse de entregar las piezas de repuesto en un periodo no mayor a 15 días hábiles. Y con el fin de hacer crecer el mercado de la reparación, los fabricantes deben garantizar la disponibilidad de información sobre reparaciones y mantenimiento para los talleres de reparación profesionales.

Existe la oportunidad de construir un sistema electrónico más circular, en el que se mejore la eficiencia del uso de los recursos con un diseño más eco-ambiental, se prolongue el uso de los aparatos electrónicos y se recuperen mayores cantidades de recursos a partir del manejo de RAEE. Para reiniciar el sistema y transitar a una economía circular de electrónicos es necesario que exista (PNUMA et al., 2019):

- **Visión:** La sociedad necesita repensar colectivamente las reglas del juego y crear una visión en la que el gobierno, consumidores e industria colaboren conjuntamente.
- **Conciencia:** El público necesita aprender más sobre el creciente desafío y oportunidad global que representan los RAEE.
- **Colaboración:** Esta coalición busca trabajar con multinacionales, pequeñas y medianas empresas (PYMES), asociaciones, académicas y académicos, sindicatos, sociedad civil y centros comunitarios en un proceso específico y deliberativo para

⁹ The new ecodesign measures explained. Comisión Europea. 01 de octubre de 2019. Consultado en https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_19_5889

provocar el cambio. Las colaboraciones público-privadas a través de plataformas jugarán un papel importante en el desarrollo de este proyecto.

- **Acción:** Se necesita una acción coordinada de todos los actores dentro y fuera de las fronteras nacionales.

La obsolescencia en los AEE se ha vuelto un fenómeno altamente influenciado por la cultura de la publicidad, apelando al deseo de los consumidores a un estilo de vida más acorde con la tendencia. Para (Tsydenova, 2018: 30), hay tres tipos de obsolescencia promovida por los fabricantes: la funcional, cuando su producto con mejor rendimiento sustituye a otro, la técnica, cuando un nuevo productor sustituye a la versión anterior, y la del estilo, cuando un dispositivo electrónico completamente funcional deja de ser deseado debido a la moda popular.

4. Análisis comparativo: Alemania y México

4.1. Alemania

En Alemania se comercializan cada año casi 2 millones de toneladas de aparatos eléctricos.¹⁰ Al mismo tiempo, se producen alrededor de 1,7 millones de toneladas de chatarra electrónica.¹¹ Como integrante de Unión Europea (UE), el marco normativo alemán se basa en las normas generadas por ésta. Para el consumo y reciclaje sustentable de electrónicos, la UE ha implementado una serie de regulaciones, políticas y medidas como programas de reutilización, etiquetas estandarizadas de eficiencia energética, restricción en el uso de sustancias peligrosas en la producción de electrónicos y electrodomésticos y la creación de un marco normativo que armoniza el manejo de los RAEE entre los países integrantes. En Alemania, estas políticas y regulaciones han sido traducidas a través de la Ley de Equipos Electrónicos (ElektroG, por su nombre en alemán), que se basa en el concepto de responsabilidad compartida, poniendo a los fabricantes y municipios como responsables del reciclaje y correcta disposición de los RAEE. El sistema se financia principalmente a través de los fabricantes, y se coordina por una institución independiente, la Fundación EAR.

4.1.1. Normatividad

Manejo de residuos en general - Ley de Economía Circular

Alemania cuenta con una historia larga en el tema de manejo de residuos, en particular en materia de separación y reciclaje, Alemania ha sido pionera en los noventa con normativas que han servido como orientación para muchos más países. Ya en 1996 entró en vigor la Ley de Economía Circular (en alemán *Kreislaufwirtschaftgesetz* o KrWG) que fue mucho más rigurosa comparando con el estándar deficiente de la Unión Europea, y en esta ley ya se definía el principio de quien contamina paga. Por lo general, los residuos ya son clasificados por el consumidor, botellas y envases de vidrio, así como, papel usado son colocados en los distintos contenedores públicos, y los envases de plásticos en los botes amarillos (*Gelbe Tonne*) que tienen los hogares privados. El Sistema Dual se encarga de la recogida selectiva y del reciclaje de materiales de envases como papel, aluminio, plástico y vidrio, los cuales están marcados con el “punto verde”. El sistema se financia mediante la concesión de licencias a comerciantes, fabricantes, importadores y envasadores.

El principio de responsabilidad del productor sirvió como referencia para la legislación ambiental europea en materia de RAEE. Con la nueva Directiva sobre residuos de la Unión Europea (UE) (Directiva 2008/98/CE) se modificó la legislación alemana. Sin embargo, en general, la legislación alemana impone exigencias más estrictas que los estándares mínimos

¹⁰ Estadísticas obtenidas del portal del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear, publicadas en www.bmu.de/themen/wasser-abfallboden/abfallwirtschaft/statistiken/elektro-und-elektronikaltgerae.

¹¹ Estimación de la DUH a partir de las cifras de la Fundación EAR y de la Oficina Federal de Estadística.

establecidos por la Directiva, en parte porque la gestión de residuos ya está más desarrollada que en otros Estados miembros. En general, la normatividad alemana tiene como objetivo prevenir, reducir, reciclar, recuperar y manejar. La prioridad de cada acción está en ese orden.

Manejo de RAEE a nivel europeo - WEEE y RoHs

El marco de la UE en el manejo de RAEE está regulado principalmente por dos directivas. Primera, la directiva “RoHs” que tiene el objetivo de **reducir el uso de sustancias peligrosas en la producción de AEE** (Directiva 2011/95/EC). Esta directiva lanzó su primera versión en el 2002 y fue sobre escrita en el 2011. En Alemania la RoH está implementada a través de la Directiva *ElektroStoffV*. Segunda, la directiva “WEEE” **sobre Residuos de AEE** (Directiva 2012/19/UE), cuya primera versión surgió en 2002, al crear un marco legal para a) recolectar los equipos eléctricos y electrónicos en desuso de los consumidores b) reducir la proporción de tales aparatos en la basura doméstica y c) recolectar y reciclar las materias primas de manera adecuada con el fin de controlar exportaciones ilegales, reusar materiales valiosos y reducir impactos negativos en el medio ambiente y la salud. En 2019, esta Directiva fue reescrita y surge la directiva de 2012/19/UE, que anula a su antecesora (2002/96/UE).

La directiva “WEEE” aplica para todos los RAEE de uso privado y comercial (con la excepción de dispositivos de uso militar y focos). Parte de los propósitos de la Directiva son la promoción de la recolección de los RAEE, y el involucramiento activo de los consumidores, incentivándolos a regresar sus dispositivos electrónicos y facilitando este proceso. Como parte de la directiva, la UE ha definido cuotas de recolección, así como cuotas sobre el reciclaje y reúso para los miembros de la Unión Europea para evitar un porcentaje alto de basura desordenada, y también para impedir la exportación de RAEE a países en desarrollo. La Directiva WEEE obliga a los países miembros a cumplir con los siguientes objetivos:

- **Tasa de Recolección:** Primero, en 2014, la cuota era una tasa de recolección equivalente a 4 kilos (kg) por habitantes. Desde el 2016 el objetivo de cuota de recolección es 45% de la cantidad de los dispositivos comercializados en los tres años anteriores. En 2019 este objetivo se incrementó a 65%.
- **Tasa de Recuperación:** Dependiendo de la categoría del aparato, debe valorizarse entre el 75% y el 85% de la masa de residuos de aparatos recogidos anualmente.
- **Tasa de Preparación para Reutilización y Reciclaje:** De la cantidad total de RAEE recogidos anualmente, entre el 55% y el 80% dependiendo de la categoría del aparato, se debe preparar para su reutilización o reciclaje.

En 2018, la Directiva llevó a cabo un Reporte de Cumplimiento para analizar cuántos Estados miembros habían logrado las cuotas de recolección, recuperación y preparación para reutilización y reciclaje. Asimismo, se revisaron sus políticas de gestión de RAEE y a partir de los resultados se proporcionó apoyo y orientación a los países. Con respecto a la primera cuota, 19 de los 28 países alcanzaron la cuota de 4 kg. Alemania logró reciclar 7.6 kg por habitante. En caso de incumplimiento por parte de los Estados miembros, la Directiva menciona la aplicación de disposiciones legales, administrativas o reglamentarias, pero se desconoce algún caso en el que éstas se hayan imputado.

En la legislación europea, las directivas son parte de la legislación secundaria de la UE y a diferencia de los reglamentos, no son directamente aplicables de conformidad, sino que deben ser incorporados a la legislación nacional por los Estados miembros.

Implementación y operación de la WEEE en Alemania a través de la ElektroG

En Alemania la directiva WEEE está implementada a través de la ley ElektroG¹². Esta ley tiene el objetivo principal de asegurar que los AEE no sean desechados en la basura doméstica, sino que estén separados y reciclados. Es decir, la **ElektroG define el manejo de AEE una vez que se vuelvan RAEE**. La primera versión de la ElektroG que entró en vigor en 2005 (como resultado de la primera versión de la directiva WEEE) fue renovada en 2015 (con base en la nueva versión de la directiva WEEE) y revisada en 2017 (entrada en vigor a partir del 15 de agosto de 2018).

El alcance de la ley incluye seis categorías¹³: 1. Transmisores de calor, 2. Pantallas, monitores y dispositivos que contienen pantallas con un área de superficie de más de 100 centímetros cuadrados, 3. Lámparas, 4. AEE con al menos una de las dimensiones externas superando 50 centímetros (electrodomésticos grandes), 5. Dispositivos electrónicos con ninguna de las dimensiones externas midiendo más de 50 centímetros (pequeños electrodomésticos), 6. Pequeños dispositivos de TIC, en los que ninguna de las dimensiones externas supera los 50 centímetros.

Cabe mencionar que con la revisión desde el 2018, cualquier dispositivo con funciones electrónicas, como muebles o ropa, puede ser considerado como RAEE bajo el marco regulatorio de la ley ElektroG. Es un punto relevante tomando en cuenta el crecimiento de productos que hoy en día están conectados, y con la detonación de fenómenos globales como el “internet de las cosas”.

Con la renovación de la ley en 2015 se estableció el principio de la responsabilidad compartida que ya fue conocido desde la tradición de la economía circular o sistema dual. El término de responsabilidad compartida utilizado en la ley ElektroG se diferencia del de responsabilidad extendida en cuanto a que el primero incluye también a los municipios como actores claves. Es decir, por un lado, las obligaciones esenciales recaen con los **organismos públicos de gestión de residuos (ÖrE)**. Los ÖrE, que son reconocidos como entidad jurídica, y que en su mayoría son responsabilidad de los municipios, están obligados a establecer los puntos de acopio para los RAEE en los hogares y espacios privados (ver I). Actualmente existen más de 2,100 puntos de recolección municipales.¹⁴ Los

¹² Gesetz über das Inverkehrbringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten (Elektro- und Elektronikgerätegesetz - ElektroG). Publicada en el Ministerio Federal de Justicia y Protección del Consumidor el día 20 de octubre del 2015; última reforma 27 de junio del 2017. Recuperada de https://www.gesetze-im-internet.de/elektrog_2015/
13Íbidem

¹⁴ Información obtenida del Ministerio Federal del Medio Ambiente (Umweltbundesamt). Recuperada el día 14 de julio de 2019 en <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/elektroaltgeraete#textpart-1>

fabricantes pueden, de forma voluntaria, establecer sistemas de recolección. Los ÖrE se financian por una tarifa que paga cada hogar anualmente (Abfallgebühr) que determina cada ciudad de forma independiente¹⁵.



Imagen 1. ÖrE en la ciudad de Berlín, Alemania (centro de acopio de RAEE)

Fuente: Fotografías tomadas por las autoras

Por la cercanía al consumidor, los **vendedores y distribuidores** tienen un papel central para facilitar la recolección. Por lo tanto, los distribuidores grandes, con más de 400 metros cuadrados de espacio comercial, los minoristas, tiendas en línea y cualquier otro comerciante están obligados a retirar los RAEE de forma gratuita cuando el consumidor compra un dispositivo equivalente. En el caso de los electrónicos chicos (con lados menores a 25 cm de largo), los distribuidores grandes están obligados a retirar, incluso si el cliente no compra un dispositivo nuevo. En lo que respecta a distribuidores en línea (si cuentan con más de 400 metros cuadrados de estanterías) deben recuperar, además de sus dispositivos, todos los RAEE que cuenten con menos de 25 cm de largo.

Las y los **consumidores** por su parte están obligados a regresar sus dispositivos y bajo ninguna circunstancia pueden tirar sus RAEE en la basura doméstica. Hay dos vías para entregar los RAEE: llevarlos a los centros de acopio de los ÖrE, o a través de los distribuidores (en sus tiendas, centros de acopio o por medio de servicios de logística).

15 Cada ciudad toma en cuenta otros factores para calcular la tarifa, como por ejemplo el número de integrantes de un hogar, el tamaño de bote, el tipo de botes (desechos generales, papel, botellas, bote amarillo, basura orgánica), frecuencia de recolección (semanal o cada dos semanas). De hecho, entre las ciudades existen discrepancias enormes, y mientras en algunas ciudades, una familia con dos hijos paga alrededor de 130 EUR anuales para la recolección completa cada dos semanas, en otras ciudades el mismo servicio puede costar más de 500 EUR anuales. Para más información revisar: Institut de Deutschen Wirtschaft 2019)

https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2019/Muellgebuehrenranking2019.pdf

Los **fabricantes** por su parte están a cargo de asegurar la logística hacia las instalaciones de tratamiento inicial certificadas (EBA) donde se realiza la eliminación adecuada. Por ley, solamente los fabricantes y los ÖrE tienen derecho a recoger RAEE. La recolección privada, sin ánimo de lucro o comercial (por ejemplo, realizada por chatarreros) está prohibida. También tienen la opción voluntaria de recibir RAEE.

De acuerdo con la ElektroG todos los fabricantes de dispositivos electrónicos antes de entrar al mercado alemán deben estar registrados en el registro manejado por la **Fundación EAR** (*Stiftung EAR*) que fue fundada por los fabricantes como una oficina de coordinación conjunta. Cabe mencionar que el término fabricante puede ser engañoso.

Los **importadores** que compran aparatos eléctricos y electrónicos afuera y los venden en Alemania les corresponden las mismas obligaciones que una empresa que produce dentro del país. En el caso de los fabricantes que no tienen una sucursal en Alemania, éstos deben designar y registrar a un representante autorizado. Este representante autorizado es la referencia de la empresa en Alemania y se asegura de que se cumplan las obligaciones legales de la ElektroG.

Además del registro, los fabricantes tienen la obligación de incluir el símbolo WEEE (ver *Figura 6*) en todos sus productos. Esto con el fin de enviar una señal a los consumidores de que se trata de un producto que no se desecha en la basura doméstica.



Figura 6. Etiqueta para los AEE que indica no tirar en la basura doméstica
Fuente: Directiva 2002/96/CE

A través de la Fundación EAR, los fabricantes deben registrar los tipos y las cantidades de sus AEE antes de colocarlos en el mercado. De la misma forma, los **vendedores** deben asegurarse de que los electrónicos que venden estén debidamente registrados por el fabricante. En caso de que un vendedor ofrezca algún electrónico no registrado, el vendedor toma la persona legal del fabricante y entonces también puede ser procesado. Con este reglamento, se busca estimular una vigilancia mutua en el mercado por parte de los actores involucrados, que disminuye los costos de monitoreo para la autoridad encargada de aplicar la ley.

Los fabricantes tienen la **responsabilidad financiera** principal del sistema de recolección de RAEE en Alemania. Primero, al momento de registrar un producto, los fabricantes pagan una tarifa única. Segundo, se calcula una tarifa anual con base en el número y tipo de dispositivos vendidos. Las tarifas están definidas por la ley. Sobre esta base, la Fundación EAR calcula, de acuerdo con su participación en el mercado, las cantidades de RAEE que los fabricantes están obligados a recolectar de los botes proporcionados por los ÖrE. Cuando

los ÖrE informan a la fundación EAR que los contenedores están llenos, la Fundación EAR designa a una empresa que se encarga de la correcta eliminación del contenedor (en general, a través de terceros pagados por los fabricantes).

De acuerdo con los requisitos de la ley ElektroG, los RAEE llegan a **instalaciones de tratamiento inicial certificadas (EBA)** (zertifizierte Erstbehandlungsanlagen), que son las únicas empresas que tienen el permiso de realizar el tratamiento inicial de los RAEE. En este tratamiento inicial se evalúa si el dispositivo o componentes individuales pueden estar preparados para la reutilización. Los EBA están obligados de registrar peso, componentes, recursos y materiales de los dispositivos al momento que llegan y salen de los EBA a plantas de tratamiento y reciclaje adicionales. Cabe mencionar que los EBA muchas veces son empresas sociales que emplean personas con necesidades sociales y discapacidades, cuya tarea consiste en desmontar los dispositivos y clasificar las piezas resultantes. Los componentes individuales y los materiales reciclables se entregan a las empresas de procesamiento. Los residuos resultantes se eliminan. Los fabricantes pagan el tratamiento por parte de los EBA (menos el monto de ganancia que los EBA generan con la recuperación de algunos recursos). También los ÖrE tienen la posibilidad de registrarse como EBA ("*Optierung*"), para obtener ganancias a través del reciclaje de materiales valiosos.

En caso de no efectuar los requisitos, la ley ElektroG está provista de diferentes medidas de cumplimiento para vendedores, los fabricantes e importadores. Para estos últimos, las multas pueden oscilar entre los 214,000 pesos y 2.1 millones de pesos (10,000 y 100,000 EUR).

Es importante mencionar que el sistema de recolección alemán solamente aplica para los RAEE generados por hogares o empresas. En el caso de los RAEE generados por actividades productivas industriales (todas aquellas que no son generadas por el consumo de hogares u oficinas), los titulares de las industrias están obligados a llevar los RAEE a los EBAs.

Otra normatividad que tiene relevancia en relación con el reúso y la reparación es la Ley de Garantía (*Gewährleistungsrecht*), que según la Ley de Derecho de Obligaciones (*Schuldrecht*) obliga a los distribuidores (no al productor) a asumir la responsabilidad por productos defectuosos o ilegales frente a las y los consumidores. A diferencia de una garantía común, que los distribuidores pueden dar voluntariamente, la Ley de Garantía (*Gewährleistungsrecht*) asegura al cliente sin importar si el producto tiene o no garantía. En Alemania, y en la mayoría de los demás países europeos, esta Ley de Garantía (*Gewährleistungsrecht*) se aplica desde el momento de la compra hasta por un período de dos años. Esto siempre y cuando se trate de defectos que ya existían en el momento de la compra. En los primeros seis meses, la verificación de si aplica o no el derecho de protección (*Beweislast*) recae en el vendedor.

La ley de garantía (*Gewährleistungsrecht*) es relevante para el tema de consumo sustentable y RAEE dado que brinda al consumidor la opción de que, en caso de defecto, el equipo sea reparado o reemplazado en lugar de desecharlo. Sin embargo, para el distribuidor, la sustitución suele conllevar menos esfuerzos y costos, por lo tanto, hay pocos incentivos para reparar los equipos. Esto a su vez contribuye a la producción de nuevos equipos y, por lo tanto, una mayor generación de RAEE.



Figura 7. Esquema de responsabilidad financiera y administrativa en Alemania para el manejo de RAEE: actores y responsabilidades
Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Actores clave

El ministerio principalmente responsable del sistema de RAEE en Alemania es el **Ministerio Federal de Medio Ambiente (BMU)** (ver Figura 8). El BMU cuenta con el apoyo de diversas autoridades en la aplicación de las leyes. La **Agencia Federal de Medio Ambiente (UBA)** que es la autoridad dependiente del BMU, la cual apoya y acompaña la implementación de la ley ElektroG a nivel nacional e internacional y, sobre todo, es la institución responsable de la investigación de posibles faltas a la ley ElektroG y de la penalización por los delitos. De la misma forma, la UBA invierte en investigación sobre tecnología y métodos para mejorar la recolección y eliminación de los RAEE. Finalmente, la UBA también informa al público sobre la responsabilidad del fabricante de RAEE y sus vínculos con otras áreas y actores relevantes para el medio ambiente.

La UBA, además de estar a cargo de la recopilación de los datos sobre la generación de RAEE que tienen la obligación de entregar los fabricantes, municipios, distribuidores y empresas de eliminación de residuos, es la responsable de implementar las disposiciones de la Directiva WEEE de la UE. La UBA también es responsable de la **supervisión legal y operacional de la Fundación EAR**, pues esta Fundación tiene la figura de contratista autorizado de la Agencia.

Como consecuencia de esta relación institucional, la fundación EAR está encargada de responsabilidades particulares de la UBA como el registro y monitoreo de fabricantes y vendedores, así como, de la medición de los AEE en el mercado. La Fundación EAR se financia a través de las tarifas de registro, las cuales están determinadas por el gobierno. Se gestiona sin ánimo de lucro y es independiente, tanto en términos económicos como administrativos.

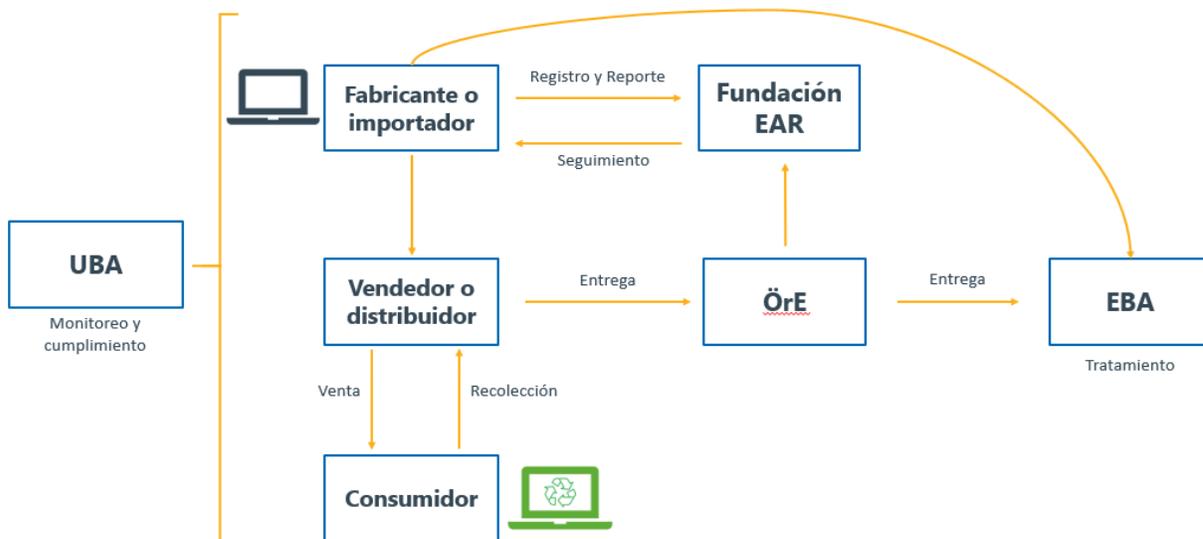


Figura 8. Coordinación en el sistema de reciclaje de RAEE en Alemania
Fuente: Elaboración propia

Dada la complejidad del registro y las obligaciones emanadas de la ElektroG existen varias organizaciones y consultoras que ofrecen servicio de **apoyo a los fabricantes**, por ejemplo, la WEEE-Fullservice, que es parte de la organización interprofesional de digitalización conocida como BITKOM. Adicionalmente, existen varias asociaciones que representan a los diferentes sectores y desarrollan recomendaciones para la adaptación e implementación de la ley, y que preparan material de información para sus miembros para facilitar el cumplimiento de la ley, por ejemplo el behv (*Der E-Commerce Verband*), la asociación de empresas del mercado electrónico, o el bvse (*bvse-Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e. V.*), la asociación federal de materias primas secundarias y gestión de residuos, que representa a más de 880 empresas medianas acuíñadas a la economía de materias primas secundarias, reciclaje y eliminación de residuos.

Otro actor clave en Alemania para el sistema de RAEE son los **estados y municipios** (*Länder y Gemeinden*). Para facilitar la coordinación entre el gobierno federal y los estados existe el grupo de trabajo “*Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall*” (**LAGA**). En cada uno de los 16 estados existe una autoridad federal que se encarga de la supervisión de la aplicación de la ley a nivel estatal. Esta autoridad también coordina con los municipios los cuáles, a través de los Öre, están obligados a recibir y ordenar los RAEE de las personas privadas y de los vendedores con sucursal que han recolectado los residuos regresados por las y los consumidores. De acuerdo con la ElektroG, existe la opción de “*Optierung*” que permite a los Öre reciclar o comercializar los RAEE. En caso de que los Öre decidan tomar esta vía, es necesario notificar a la Fundación EAR para que estos RAEE queden excluidos del sistema federal de recolección de RAEE. Esta opción claramente representa una oportunidad económica para los municipios (ver Figura 9).

Existen adicionalmente un número relevante de **organizaciones de la sociedad civil** bastante profesionalizadas que trabajan sobre asuntos de RAEE desde una perspectiva de protección al consumidor o de medio ambiente. Estas organizaciones han tomado un papel esencial en la formación de la ley y su diseño, publican regularmente posicionamientos

sobre los límites de la ley y apoyan en la implementación, así como, en el control de la aplicación correcta de la ley por parte de los fabricantes. Las organizaciones más destacadas son el *Naturschutzbund Deutschland* (NABU), el *Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland* (BUND), *Germanwatch e.V.* y la *Deutsche Umwelthilfe* (DUH). Las organizaciones de protección al consumidor en el contexto de los AEE trabajan de manera particular sobre los derechos de garantía y en general sobre la protección ante productos defectuosos. En el estado Nordrhein-Westfalen, el centro del consumidor que forma parte de la *Verbraucherzentrale* (VZBV) trabaja explícitamente en el cuidado del medio ambiente, tomando el consumo responsable y el reciclaje como sus dos estrategias principales.

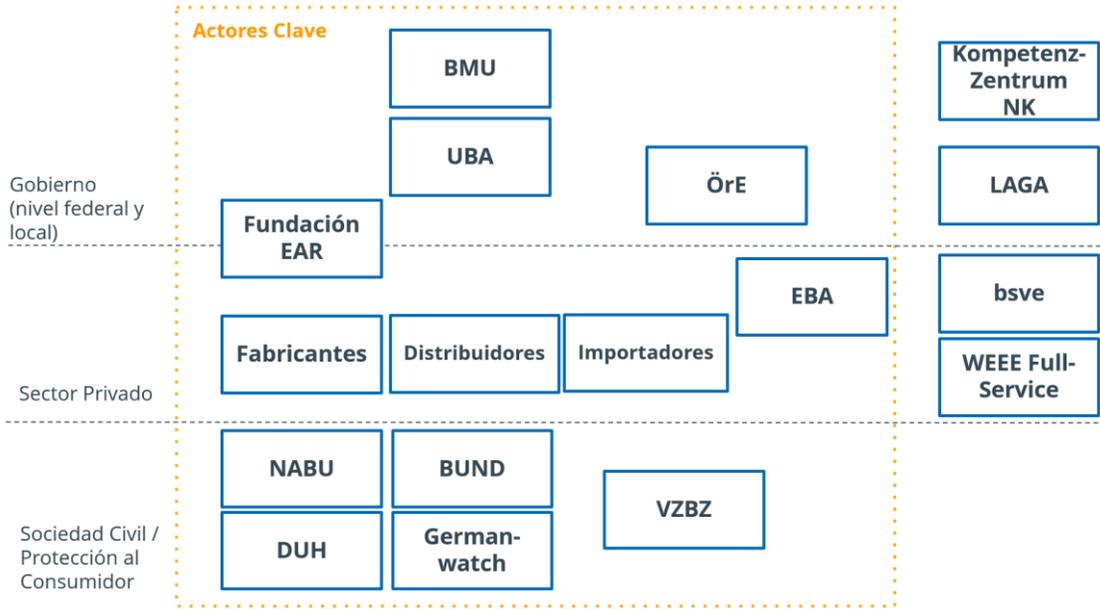


Figura 9. Actores clave del sistema de reciclaje de RAEE en Alemania
Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Programas e iniciativas

Sin duda existe una variedad de políticas públicas que, en combinación con el marco legal, pretenden fortalecer el consumo sustentable de AEE y el manejo adecuado de RAEE en Alemania. Como se mencionó en la sección anterior, Alemania tiene una larga tradición en separación de residuos y, por lo tanto, muchas de las estrategias relevantes que se pretenden usar en el contexto de RAEE se basan en políticas públicas y estrategias ya establecidas en el contexto de otros aspectos de consumo sustentable y protección de medio ambiente.

Blauer Engel y Top Runner

El uso de etiquetas es de las políticas más utilizadas en pro del consumo sustentable y prevención de generación de RAEE. El ejemplo más conocido es el de “Blauer Engel” o

Ángel Azul, que es la primera etiqueta ecológica al nivel mundial (ver *Figura 10*). Esta etiqueta ecológica se institucionaliza en Alemania desde 1978 para productos y servicios respetuosos con el medio ambiente con el fin de orientar a las y los consumidores hacia decisiones de consumo más sustentables. Para otorgar esta etiqueta, se evalúan 120 grupos de productores, entre ellos los que producen electrónicos. Para participar en la evaluación, los fabricantes aplican activamente. La decisión sobre quién recibe la etiqueta está tomada por un comité con integrantes de organizaciones de la protección al consumidor, organizaciones ambientales, académicos, políticos y representantes del sector privado.

El BMU y la UBA son las instancias gubernamentales responsables para el “Blauer Engel”. Para participar en el proceso, los aplicantes pagan una tarifa única de aproximadamente 8,568 pesos (400 EUR) y luego se paga una tarifa anual para poder usar la etiqueta. Dicha tarifa se determina a través de las ventas anuales del producto en cuestión, teniendo un tope máximo de aproximadamente 224,910 pesos (10,500.00 EUR).

Esta etiqueta es un símbolo para las y los consumidores en Alemania y tiene un gran poder de influencia. Según la encuesta representativa como parte del estudio “Umweltbewusstsein in Deutschland 2014” (Conciencia Medioambiental en Alemania 2014) 92% de los alemanes reconocieron la etiqueta del “Blauer Engel”, y 37% indicaron que la etiqueta influye en su decisión de compra (BMU / UBA 2015). Esto ilustra la reputación de la que goza ahora el Blauer Engel. Debido a estos números, los fabricantes ven claramente una ventaja comercial en poder etiquetar sus productos con la “Blauer Engel”.



Figura 10. Etiqueta Blauer Engel

Fuente: BMU

Además de esta etiqueta, la UE y el gobierno alemán siguen el modelo “**Top Runner**”, el cual busca promover tecnología más respetuosa con el medio ambiente y el uso más eficiente de los recursos en los procesos de producción. Otros instrumentos que utiliza el modelo Top Runner son las normas mínimas de eficiencia (Directiva sobre diseño ecológico), etiquetado energético obligatorio y etiquetado ecológico voluntario (como el Blauer Engel, o el UE Ecolabel). El consumo energético del producto más eficiente, el Top Runner, define el estándar para todos los demás productos de la misma categoría. Este estándar debe ser cumplido por el resto de la competencia en un tiempo de 5 a 7 años.

Además, es importante notar que estos estándares también se toman en cuenta como requisitos en la contratación pública, creando un incentivo adicional para los fabricantes.

Desde 2012, el BMU y la UBA conceden anualmente el **Premio Federal de Ecodiseño**¹⁶ con el fin de centrarse más en el ecodiseño y promover la innovación. El concurso está dirigido a empresas de todos los tamaños y sectores, también a diseñadores y estudiantes. Los criterios que se desarrollaron para evaluar los productos también pretenden estar utilizados como herramienta y apoyo en la práctica del diseño independientemente del concurso.

En el contexto de “Top Runner”, y como parte de las obligaciones de la Directiva sobre diseño ecológico, también existe la etiqueta de la UE sobre el consumo energético para los AEE. La **etiqueta energética** indica, en una escala de A a G, el nivel de consumo de energía eléctrica de los electrónicos. Mientras el “Blauer Engel” es una etiqueta de forma voluntaria, la etiqueta energética es obligatoria para cinco grupos de productos (refrigeradores, lavavajillas, lavadoras, televisores y lámparas). Varios estudios confirman que la etiqueta energética influye fuertemente en las decisiones de compra. Los consumidores están dispuestos a pagar más por una lavadora con alta clasificación en la etiqueta que por una lavadora con baja calificación (Sammer y Wüstenhagen, 2006; UBA 2018).

Programa Nacional de Consumo Sustentable

El Programa Nacional de Consumo Sustentable del BMU es parte de la estrategia alemana en la implementación de los objetivos de desarrollo sostenibles (ODS), y extiende la estrategia nacional de sustentabilidad (*Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie*). El programa explícitamente se dedica a la necesidad de cambiar los estilos de consumo no solamente a través de la eficiencia sino también a través de estrategias de suficiencia (BMU 2019). El enfoque central del programa es la sensibilización de la ciudadanía sobre el tema del consumo sustentable.

El programa se enfoca en el tema de AEE en varios puntos. Por ejemplo, el programa formula el objetivo de fomentar un uso más prolongado de los electrónicos, tanto en el uso privado de las y los consumidores, así como en el espacio laboral, también busca brindar más información sobre opciones de reparación y fortalecer el uso del “Blauer Engel” y otras etiquetas relevantes en el contexto de AEE.

Para realizar el programa, la UBA estableció el Centro de competencias de consumo sustentable, que está a cargo de supervisar e implementar el programa. Asimismo, se formó un grupo de trabajo entre varios ministerios, encabezado por el BMU, el Ministerio Federal de Justicia y Protección del Consumidor (*Bundesministerium der Justiz und Verbraucherschutz*, BMJV) y el Ministerio Federal de Alimentación y Agricultura (*Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft*, BMEL) y se desarrolló una red de consumo sustentable que involucra distintas asociaciones civiles. Sin embargo, el programa no es vinculante.

¹⁶ Sitio oficial en <https://bundespreis-ecodesign.de/de/index.html>

Educación y sensibilización

Otro pilar importante en la estrategia de consumo sustentable y prevención de la generación de RAEE es la educación y sensibilización sobre el consumo responsable de AEE y las prácticas responsables de desecho de RAEE. Por un lado, existe el esquema que inició la UNESCO titulado como “Educación para el desarrollo sostenible”, el cual Alemania sigue implementando con el objetivo de anclar firmemente la educación para el desarrollo sostenible en todos los ámbitos del sistema educativo.

La institución a cargo de la implementación de este esquema es el Ministerio Federal de Educación e Investigación (BMBF), el cual incluye el tema de consumo sustentable como materia obligatoria en la currícula escolar. Diferentes aspectos del consumo sustentable, incluso del reciclaje o del impacto de la exportación ilegal de RAEE se incluyen como temas de estudio en las escuelas alemanas. De la misma forma, el BMU desarrolló una plataforma con materiales de licencia abierta para que las y los maestros tengan las herramientas adecuadas para cubrir los temas de consumo sustentable y reciclaje de RAEE en las escuelas¹⁷¹⁸. De la misma forma el BMBF ha apoyado varias campañas y acciones relacionadas para sensibilizar sobre el valor de los materiales en celulares (por ejemplo, *Die Rohstoff Expedition*).

Varios actores ofrecen adicionalmente materiales y contenidos para hablar sobre RAEE en el contexto escolar. El centro de Protección de Consumidores, por ejemplo, ofrece materiales sobre consumo responsable¹⁹ y el centro de Protección de Consumidor proporciona unidades pedagógicas para explicar los materiales contenidos en los celulares en la secundaria.

El gobierno, así como las organizaciones sociales, ofrecen una gran cantidad de materiales dirigidos a las y los consumidores para difundir conocimiento sobre consumo sustentable de AEE y sobre el reciclaje de RAEE. Por ejemplo, en la página de la UBA se presentan consejos concretos para diferentes grupos de AEE.²⁰

También existe el “Nachhaltiger Warenkorb”, una plataforma con amplia información y recomendaciones sobre el consumo sustentable²¹, decisiones de compra, formas de reparación, orientación con etiquetas, entre otros aspectos. Esta plataforma fue desarrollada por el *Rat für Nachhaltige Entwicklung*, un consejo independiente que acompaña y controla las estrategias de sustentabilidad del gobierno alemán. En el caso del estado Nordrhein-Westfalen, la VZBV emplea consultores en 19 ciudades, financiados por las empresas de gestión de residuos, que ofrecen consultoría directa para las y los ciudadanos sobre consumo sustentable.

¹⁷ Sitio oficial en <https://www.umwelt-im-unterricht.de/>

¹⁸ Sitio oficial en <https://www.umwelt-im-unterricht.de/hintergrund/elektroaltgeraete-und-recycling/>

¹⁹ Sitio oficial en www.verbraucherbildung.de/verbraucherschule

²⁰ Sitio oficial en <https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/elektrogeraete>

²¹ Sitio oficial en <https://www.nachhaltiger-warenkorb.de/themenbereiche/wohnen-und-haushalt/>

En el 2013 el BMU también presentó la nueva aplicación “[eSchrott App](#)” para poder encontrar centros de acopios para RAEE de forma más fácil. Sin embargo, al parecer la aplicación ya no está en uso.

Iniciativas de la sociedad civil

Por último, Alemania se distingue por un alto nivel de organizaciones comunitarias dedicadas a la reparación y reacondicionamiento, así como, cooperaciones entre el sector privado y organizaciones comunitarias que trabajan para promover la prevención de generación de RAEE.²² Una de las iniciativas más grandes es de la *handysfuerdieumwelt*²³ de la Deutsche Umwelthilfe (DUH) que recolecta celulares desde el 2003.

También parte de la DUH es la *Mobile-Box*²⁴, que junto con varios socios recoge los celulares viejos en todo el país. Algunos de los teléfonos celulares pueden ser reutilizados en Europa tras la eliminación completa de los datos. El resto de los dispositivos se reciclan de forma adecuada. En la *Mobile-Box*, así como en muchas otras iniciativas de recolección, la ganancia que se genera por el reciclaje se usa como donación para organizaciones civiles. En 2017, *Mobile-Box* lanzó la plataforma *futurephones*, un portal de ventas online para teléfonos móviles usados y reparados. Allí el comprador tiene la oportunidad de donar el 5% del precio de compra a la DUH. *Mobile-Box* también lanzó *Green2B*, un servicio que permite a las empresas recopilar sus antiguos dispositivos de forma respetuosa con el medio ambiente y que valora la seguridad y la protección de datos.

También las empresas privadas, por ejemplo, del sector de telecomunicaciones, regularmente se involucran en acciones de recolección de celulares, en colaboración con organizaciones como la NABU, donando la ganancia por el reciclaje a organizaciones sociales. Por último, existen varias iniciativas de personas privadas que se reúnen de forma voluntaria para realizar actividades de reparación de AEE en los llamados “*Repair Cafés*”.

En Alemania ya existen 700 iniciativas registradas por la red de estos sitios <https://www.reparatur-initiativen.de>. En general, se enfocan más en la reparación de aparatos domésticos dado que la reparación de celulares y televisores con pantallas planas requiere de conocimientos y herramientas específica. Pero más allá del tipo de productos, los *Repair Cafés* estimulan cambios culturales importantes en sus comunidades sobre el consumo responsable y el uso prolongado de dispositivos.

4.1.4 Situación actual de la generación, manejo de RAEE y consumo sustentable

Según los estándares europeos, Alemania es el líder en el reciclaje: con una tasa de reciclaje del 66%, Alemania está por delante de Austria (58 por ciento), así como de Bélgica y Eslovenia (54 por ciento). Sin embargo, Alemania debe su título de campeón a una interpretación amplia del término reciclaje. La tasa completa de residuos entregados a las

²² Sitio oficial en <https://bit.ly/2XQQAAsq>

²³ Sitio oficial en <https://www.handysfuerdieumwelt.de/>

²⁴ Sitio oficial en <http://mobile-box.eu/>

plantas de reciclado o compostaje es la que se toma en cuenta, pero no la cantidad que se recicla realmente. Sin embargo, según la *Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung* (BVSE - Asociación Federal de Materias Primas Secundarias y Eliminación), la tasa de materiales separados de manera equivocada o que ni siquiera pueden ser reciclados está entre el 40 y el 60 %.

En cuanto a RAEE, según el e-Waste-Monitor de 2017, Alemania generó en 2016 un total de 1,9 millones toneladas de RAEE con 22,8 kilos por habitante (Baldé, C., et al.2017). Tomando en cuenta las tasas obligatorias según la directiva WEEE, la *Figura 11* muestra que en 2017 Alemania apenas logró con 45.1% la cuota establecida por la Directiva WEEE de 48%. Observando los años anteriores, con tasas más bajas, se enfatiza que el sistema alemán de manejo de RAEE requiere adaptaciones para mejorar las tasas de recolección y lograr de forma segura la cuota establecida. Con vista a la nueva tasa objetivo de 65% que está en vigor a partir de este año, Alemania se enfrenta a un reto adicional, y por el momento parece poco probable que pueda cumplir con esa meta.²⁵

Alemania, a pesar de su experiencia como pionera desde la década de los noventa en el tema de separación de residuos, aún tiene un espacio de mejora. Mientras que la ley ElektroG sobre el papel es una ley progresista, los datos duros muestran que Alemania todavía tiene una batalla sin vencer en lo que se refiere a implementación.

Primero, se considera esencial aumentar la tasa de recaudación para mejorar la gestión de los RAEE (Bliklen, R., et al. 2019). Una serie de razones explican los resultados, hasta ahora mediocres de la recolección. Como muestra un estudio de pruebas de la *Deutsche Umwelthilfe e.V.* y muestras aleatorias de la *Verbraucherzentrale NRW*, la obligación de recuperación por parte de los vendedores parece cumplirse de forma insuficiente (Deutsche Umwelthilfe e.V. 2018). Al mismo tiempo, sobre todo en las zonas rurales hacen falta centros de acopio, por lo tanto, los clientes asumen costos de transportación.

25 Recogida y reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos: Tres ratios cuentan. Publicada por el UBA. Recuperada de <https://bit.ly/2NVFW3Z>.

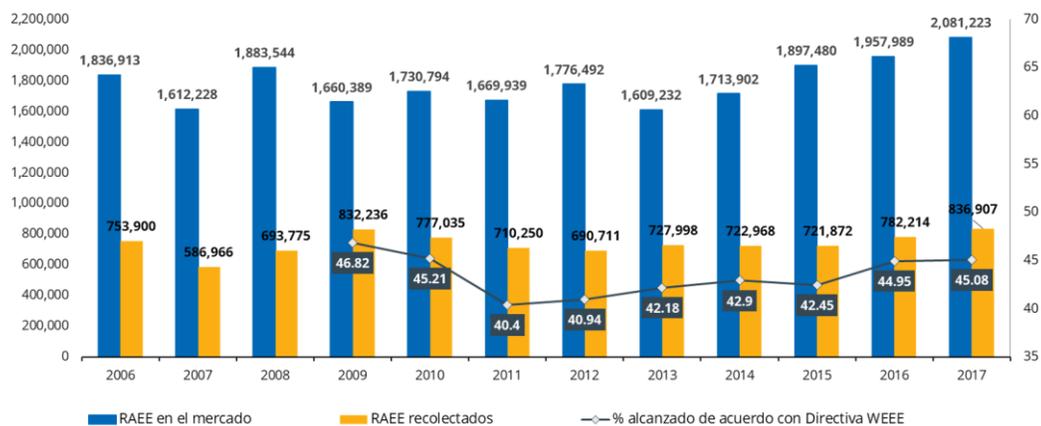


Figura 11. Evolución de los RAEE recolectados y porcentaje alcanzado de acuerdo con la meta establecida por la Directiva WEEE
Fuente: Elaboración propia con información de UBA (2017)

Otra razón es la falta de información sobre las posibilidades de retorno para las y los consumidores. De acuerdo con la ley ElektroG, los distribuidores no sólo están obligados a recolectar los RAEE sino también a informar sobre las posibilidades de retorno. Sin embargo, la ley no especifica cómo debe proporcionarse esta información. Como demuestran las pruebas realizadas por la DUH (2018), sólo la mitad de los establecimientos sometidos a prueba disponían de información sobre las posibilidades para retornar los RAEE. Además, los empleados no estaban suficientemente capacitados, por lo tanto, no podían proporcionar la información correcta a las y los consumidores.²⁶ Por lo tanto, las organizaciones de protección al consumidor y organizaciones medioambientales de Alemania están pidiendo a los minoristas que mejoren la comunicación sobre las opciones de retorno (ver Verbraucherschutz NRW, Positionspapier). Bliklen et al. (2019) recomiendan, por ejemplo, colocar avisos claramente visibles en las sucursales, en los recibos, facturas y en las páginas en línea. También recomiendan hacer campañas de recolección en relación con las campañas de ventas o promociones.

En cuanto al comercio en línea, la situación es aún peor. En las páginas de los productos, ninguna de las empresas probadas por DUH proporcionó información completa sobre las opciones de devolución de todos los productos. En algunos casos, éstos estaban ocultos en los Términos y Condiciones Generales, y sólo eran accesibles o incompletos para algunos productos (DUH). Inexactitudes legales contribuyen a la falla del comercio en línea como actor clave de RAEE. A diferencia del comercio físico, el comercio en línea puede decidir libremente de qué forma se hace el retorno de los dispositivos con un largo de más de 25 cm. Una opción es que las y los consumidores puedan enviar sus RAEE gratuitamente, otra es que, a la hora de la entrega de un nuevo producto, se entreguen los RAEE de forma gratuita o la última opción es que la tienda en línea establezca un sitio de acopio. Sin

²⁶ Durante un período de 10 meses en 2018, el DUH sometió a prueba a un total de 25 sucursales de grandes cadenas minoristas y 30 minoristas en línea para los que los consumidores pueden asumir una obligación de recuperación.

embargo, en el caso de la opción de un sitio de acopio, sólo debe cumplirse el criterio inexacto de una "distancia razonable". A la falta de claridad en lo que significa distancia razonable, los sitios de acopio suelen estar muy alejados del lugar de residencia del cliente (*Verbraucherzentrale*). Según el DUH (2019), muchos consumidores también son reacios a enviar sus dispositivos por correo debido al costo de logística de los dispositivos y preocupaciones por protección de datos y seguridad.

La falta de información es seguramente una de las razones por las que más del 30% de los pequeños electrónicos en Alemania, como los celulares, no son desechados adecuadamente por las y los consumidores y a menudo terminan en la basura doméstica normal (Bliklen et al., 2019), o las y los ciudadanos nada más los almacenan en sus hogares (weeefull-service, 2019). Como muestran algunos estudios, en el caso de los celulares esto también se atribuye al valor emocional relacionado con el celular (Fischer et al., 2019). Por lo tanto, los expertos abogan por un sistema de depósito, especialmente para los aparatos eléctricos pequeños y de corta duración, como los celulares, para estimular la recolección.

Por otra parte, los fabricantes se quejan de que la ElektroG en Alemania es especialmente complicada e implica un elevado gasto financiero. De hecho, en comparación con el modelo suizo, por ejemplo, los costos operativos y financieros para los fabricantes son significativamente más elevados, ya que ellos toman por completo la responsabilidad de RAEE, mientras que en el sistema suizo la responsabilidad completa recae en una Fundación pagada por los fabricantes (lo equivalente a la Fundación EAR). En general, los fabricantes, especialmente los que pertenecen al comercio en línea, siguen mostrando resistencia a la ley ElektroG. Después de la reforma a la ley en 2015, muchos vendedores en línea anunciaron que ignorarán las obligaciones que les corresponden.²⁷

A esto se añade el problema del *Free Rider*, que confirma que muchos distribuidores no cumplen los requisitos pertinentes. En particular, son los distribuidores extranjeros que no tienen presencia en la UE, los que comercializan AEE en Alemania sin tener que preocuparse por los costos de registro o del manejo de RAEE. Esto les da una clara ventaja en el mercado y representa un desincentivo para la competencia a incumplir con la ley.

Sin embargo, en última instancia, la falta de aplicación de la ley también se atribuye a la coordinación. En la actualidad, las obligaciones de recopilación son supervisadas por las autoridades estatales de residuos (diferentes oficinas dependiendo de cada estado). A menudo sufren de una escasez de personal y la carga de trabajo, a veces no realizando visitas de prueba sin previo aviso (DUH, 2019). Con esto la notificación sobre irregularidades se deja a responsabilidad de la sociedad civil o de otros participantes del mercado.

Además de la baja tasa de recolección, suele ser problemático que en Alemania se preste poca atención a la reutilización y a la reparación a pesar de que éstas son estrategias prioritarias de acuerdo con la ley para la prevención de la generación de RAEE. Aunque se establece la obligación de evaluar los RAEE en cuanto a su reutilización en la ElektroG, la ley no es muy concreta ni clara en este punto y, por lo tanto, prácticamente no se cumple. Según la BMU, sólo alrededor del 1% de las 782,000 toneladas métricas de residuos de AEE

²⁷ Eliminación fácil y cómoda de la chatarra electrónica. Publicada en Heise. Recuperada de <https://www.heise.de/ct/artikel/Elektroschrott-einfach-und-bequem-entsorgen-3308010.html>

recolectados están preparados para su reutilización (Bliklen et al., 2019). La mayor parte de estos RAEE preparados para su reutilización proceden del sector comercial y fueron recuperados por los fabricantes. Los principales obstáculos para una mayor reutilización son los daños en los AEE derivados de la forma en la que se recolectan y transportan de los ÖrE (Bliklen et al., 2019) a los EBA. Por ley los EBA son los responsables de evaluar si los RAEE pueden ser reutilizados, pero puede suceder que para entonces los RAEE ya hayan sido dañados en el camino hacia el EBA. Esto dificulta a los EDA la identificación de cantidades suficientes de residuos de equipos reutilizables.

La exportación ilegal de RAEE también es un obstáculo. En 2008 se estimó una exportación ilegal desde Alemania equivalente a 155,000 toneladas (Sander, et al., 2010). Además, para la mayoría de los municipios, el negocio del reciclaje es mucho más rentable que el desarrollo de infraestructura o la cooperación con empresas para la reparación y reutilización (NABU²⁸). Un reto que suma a este aspecto es que la ley ElektroG actualmente prohíbe la separación de equipos antiguos para su reutilización por argumentos de seguridad. Por lo tanto, no es posible separar los aparatos antiguos funcionales de los RAEE reciclados, aunque algunos de éstos podrían servir como aparatos de segunda mano.

A parte de la preparación del reuso debe considerarse la reparación y el uso prolongado de AEE para evitar que las y los consumidores los desechen y entonces los AEE pasen a ser RAEE. Uno de los grandes retos para esto es el costo elevado y desproporcionado que tiene la reparación y las refacciones en comparación con los precios para un nuevo dispositivo. Por lo tanto, las organizaciones ambientales recomiendan reducir el tipo de IVA alemán para los productos usados del 19% al 7% por ciento (DUH, 2019, Bliklen et al., 2019).

Generalmente, varias organizaciones ambientales que forman parte del “colectivo reparación” (en alemán Runder Tisch Reparatur) critican que las estrategias gubernamentales ponen poca atención a las posibilidades de reuso y reparación (ve Runder Tisch Reparatur, Positionspapier). Critican que como consumidor faltan oportunidades para poder prolongar el uso de dispositivos. Exigen, por ejemplo, que los fabricantes publiquen los manuales de fabricación de los productos para facilitar la reparación en caso de descomposición. También solicitan reglas claras contra la obsolescencia planeada.

Este año la UE aprobó una nueva directiva formulando “el derecho a la reparación”. Esa directiva entra en vigor en 2021, y por primera vez, los fabricantes se verán obligados a facilitar la reparación y compartir planes de producción con reparadores profesionales. Aún va a limitar el acceso de reparadores independientes o “repair cafés” a piezas y planes, pero al menos se puede esperar un cambio general que estimule una cultura de reuso y reparación.

²⁸ <https://www.nabu.de/news/2018/08/24987.html>

4.2 México

Por un lado, México es un gran consumidor de electrónicos. En el sector de telefonía móvil, por ejemplo, este país es el **segundo mercado de celulares en Latinoamérica** con 89 millones de usuarios únicos (GSM Association, 2016). Por el otro, México es el segundo productor de RAEE en Latinoamérica y se calcula que aproximadamente **la mitad de la basura electrónica termina en rellenos sanitarios o tiraderos no controlados** porque este país carece de una política de consumo sustentable enfocada en AEE y de un sistema de manejo de RAEE respetuoso con el ambiente (INCyTU, 2018; Cruz-Sotelo et al., 2017; PNUD, 2015; Baldé et al, 2017; Rojas, 2011).

Hay pocos programas y acciones sobre el consumo y reciclaje sustentable de AEE enfocadas en el consumidor (Cruz-Sotelo et al., 2017). En 2017, México produjo un millón de toneladas de basura electrónica lo que significa que un consumidor generó aproximadamente 9.4 kilos de RAEE.

La principal ley que regula el manejo de residuos, entre ellos los RAEE, es la **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)**. Si bien, esta ley se basa en el principio de responsabilidad extendida, y no es clara a la hora de asignar responsabilidades en materia de recolección, tratamiento y disposición de los RAEE.

A 16 años del surgimiento de la LGPGIR, hoy en día las y los consumidores de electrónicos no disponen de un proceso accesible, formal y estandarizado para depositar sus aparatos al término de su vida útil y tampoco existen políticas o programas federales que promuevan el reúso o prolongación de la vida útil de los electrónicos. Por un lado, existe un programa de producción y consumo sustentable, pero éste no está enfocado en el consumidor. Por el otro, las campañas de reciclaje emprendidas por actores públicos y privados son esporádicas y locales. Se desconoce el porcentaje de RAEE que se procesa o se recicla de manera ambientalmente racional y existe un sistema compuesto significativamente por sectores informales no muy conocidos hasta la fecha (Cruz-Sotelo et al., 2017).

4.2.1 Normatividad

Es difícil identificar cuándo inicia el problema social de los residuos RAEE en México (Ugalde, 2010). No obstante, el problema comenzó a cobrar importancia de manera formal en el 2003 cuando se aprobó la **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)**, la cual organiza, regula y da seguimiento a la generación, el manejo y la gestión integral de los residuos, entre ellos, los residuos tecnológicos.²⁹ Sin embargo, la normatividad en torno a los RAEE no ha cambiado mucho desde entonces. Casi 16 años después, México sigue sin tener una ley específica para la prevención, recolección, manejo y disposición de la basura electrónica (S. Cruz-Sotelo et al., 2016; González et al., 2014). Para (SEMARNAT, 2018: 18), “la falta de regulación específica para la gestión de RAEE en el país

²⁹ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 08 de octubre del 2003; última reforma: 19 de enero del 2018.

dificulta el desarrollo de sistemas especializados de recuperación y tratamiento, e incluso de disposición final. Esto ha contribuido al desarrollo del sector informal [...] en donde se estima que se realiza el 75% del manejo de los RAEE.”

Nivel internacional

La LGPGIR es respuesta al marco regulatorio internacional al que México está adherido, así como, a las regulaciones nacionales en materia de protección y cuidado del medio ambiente. A nivel internacional está la Convención de Basilea, el Protocolo de Montreal y el Convenio de Estocolmo. En cuanto al marco regulatorio nacional en materia de RAEE, éste abarca desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos hasta las normatividades NOM-052-SEMARNAT-2005, NOM-083-SEMARNAT-2003 y NOM-161-SEMARNAT-2011 (ver *Figura 12*).

El primero de los convenios internacionales firmados por México para el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, entre los cuales se incluyen los RAEE, es el **Convenio de Basilea** y su entrada en vigor en nuestro país se remonta al año 1992. Ante el aumento de exportaciones ilegales de residuos peligrosos a países que no contaban con los recursos ni la infraestructura para disponer de ellos de manera correcta, el Convenio de Basilea surge con el objetivo de regular los movimientos transnacionales de residuos peligrosos, aplicando el procedimiento del “consentimiento previo” (los envíos de residuos peligrosos sin consentimiento son ilícitos). El Convenio de Basilea obliga a los Estados miembros a asegurar que los desechos peligrosos y otros residuos se manejen y se eliminen de manera ambientalmente racional, con lo cual se espera que los Estados miembros minimicen las cantidades de residuos exportados, además de que traten y eliminen los desechos lo más cerca posible del lugar donde se generan (González et al., 2014). Los RAEE están incluidos en este Convenio y éste establece límites para la exportación de basura electrónica, incluyendo residuos metálicos, acumuladores, viejas baterías y tubos de rayos catódicos. Los celulares son un aparato electrónico que ha recibido especial atención en el Convenio de Basilea. En el 2006, se incluyó la Decisión VIII/6 con la que se adopta el “**Documento de orientación sobre el manejo ambientalmente racional de los celulares usados y al final de su vida útil**” con el propósito de ofrecer información desde la recolección de estos dispositivos hasta su reconstrucción, recuperación de materiales y reciclado. De esta forma, el convenio de Basilea fue un parteaguas en el manejo y disposición adecuada de los residuos peligrosos y posteriormente de los RAEE. Su promulgación en la década de los ochenta incentivó a la comunidad internacional a establecer otros convenios y protocolos en materia de reciclaje, manejo y disposición.

En 2001, 180 países aprobaron el **Convenio de Estocolmo** y en México entró en vigor en el año 2004. El objetivo de este acuerdo es definir límites a la contaminación generada por los residuos con contaminantes orgánicos persistentes (denominados como residuos COP), los cuales son productos químicos tóxicos resistentes a la degradación, que, al ser transportados por agua, aire o animales migratorios, se pueden acumular en ecosistemas terrestres y acuáticos causando serios daños a la salud humana y al ambiente (S. Cruz-Sotelo et al., 2016). Este convenio incorpora sustancias contenidas en los RAEE como los bifenilos polibromados (PBB), bifenilos policlorados (PCB) y los éteres de polibromodifenilos (PBDE). Derivado de este Convenio, México está obligado a reducir o eliminar la producción y

utilización de estas sustancias y otros químicos industriales. Asimismo, debe cumplir con ciertos estándares relativos a la producción y utilización de algunos químicos peligrosos. El Convenio de Estocolmo es el principal instrumento internacional para que los gobiernos de los Estados miembros puedan controlar este tipo de contaminantes y prevé la interrupción de la importación y exportación de los COP prohibidos (SEMARNAT, 2018: 14). No obstante, las sustancias químicas clasificadas como COP pueden importarse en ciertas circunstancias, a saber: a) con vistas a una eliminación ambientalmente racional, y b) cuando se cuente con una exención para la producción y uso de una sustancia (Gavilán, Arturo, Alcántara, 2014: 264).

Otro de los acuerdos internacionales a los que México está adherido es el **Acuerdo de Róterdam**, aprobado en 1998 y entró en vigor en el año 2004. Este convenio impulsa la responsabilidad compartida en el manejo de residuos COP con el fin de contribuir al uso racional de los recursos, facilitando el intercambio de información entre los países sobre la generación y manejo de los residuos (entre ellos los electrónicos). A diferencia del Convenio de Estocolmo, este acuerdo no interviene en la producción y utilización de los residuos COP, pero sí exige prohibiciones o restricciones de las sustancias cuando sus importaciones están prohibidas y restringidas para un país. Sin embargo, existe un vínculo jurídico denominado “consentimiento fundamentado previo”, que consiste en que cualquier producto químico dentro del acuerdo puede exportarse con la autorización previa del importador (Gavilán, Arturo, Alcántara, 2014:264)

Finalmente, está el **Protocolo de Montreal**. Un tratado global establecido en 1987 cuyo objetivo es proteger la capa de ozono mediante el control de la producción de las sustancias que la afectan y que entró en vigor en México en 1989 (González et al., 2014). Entre otras medidas, México, junto con otros 46 países, establecieron metas de producción de gases de clorofluorocarbono (CFC, por sus siglas en inglés), halones y bromuros de metilo, que son sustancias utilizadas en la producción de AEE como refrigeradores y aires acondicionados.

Estos convenios internacionales incluyen obligaciones jurídicamente vinculantes y establecen declaraciones, compromisos y planes de acción aprobados por los jefes o ministros de los Estados adheridos. En general, establecen normas de conducta y sirven como referencia para el desarrollo de la política pública a nivel nacional, pero es responsabilidad de los Estados alinear las leyes y normas internacionales con el marco normativo y con las metas y objetivos de los programas nacionales.

Nivel nacional

En la **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos** se establece el derecho de toda persona al medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, que el Estado garantizará el respeto a este derecho y que el daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque.³⁰ A partir de lo establecido en la Carta Magna, de los convenios y tratados internacionales, así como de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y la adhesión a la Organización para la Cooperación y

³⁰ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Artículo 4, Párrafo adicionado el 28 de junio de 1999: última reforma: 08 de febrero del 2012.

Desarrollo Económicos (OCDE) en 1994, México cuenta con el siguiente cuadro normativo en materia de RAEE:

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA): sus disposiciones tienen por objeto propiciar el desarrollo y establecer las bases para a) definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación, b) la preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente, c) la preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas, d) el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, e) la prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo, f) garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, g) el establecimiento de los mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre autoridades, sectores social y privado, así como con grupos de personas y grupos sociales y, h) el establecimiento de medidas de control y de seguridad para garantizar el cumplimiento y la aplicación de dicha ley.³¹

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR): tiene como objetivos organizar, regular y dar seguimiento a la generación, el manejo y a la gestión integral de los residuos; fomentar la valorización de los residuos; prevenir la contaminación de sitios por el manejo de materiales y residuos; fortalecer la investigación y desarrollo científico, así como, la innovación científica para reducir la generación de residuos; y establecer medidas de control, medidas correctivas y de seguridad para garantizar su cumplimiento.

Reglamento de la LGPGIR: define los preceptos para ejecutar la LGPGIR.

NOM-052-SEMARNAT-2005: enlista y clasifica los residuos peligrosos, establece sus características y determinar el procedimiento para identificarlos.

NOM-083-SEMARNAT-2003: norma los sitios de disposición final de los residuos urbanos y de manejo especial, definiendo las especificaciones en materia ambiental para la selección, diseño, construcción, operación, monitoreo y clausura de los sitios.

NOM-161-SEMARNAT-2011: dispone los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de éstos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.

Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética: establecen los criterios de energía que deben cumplir los acondicionadores de aire, las edificaciones, los electrodomésticos, la iluminación y la industria. Además, establece especifican los criterios a incluirse en las etiquetas de eficiencia energética, las cuales son adheridas y/o exhibidas a los productos y

³¹ Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección Ambiental, Artículo 1, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988; última reforma: 09 de enero de 2015.

sistemas que se comercializan en el país. Actualmente existen trece etiquetas de eficiencia energética (CONUEE, 2019).

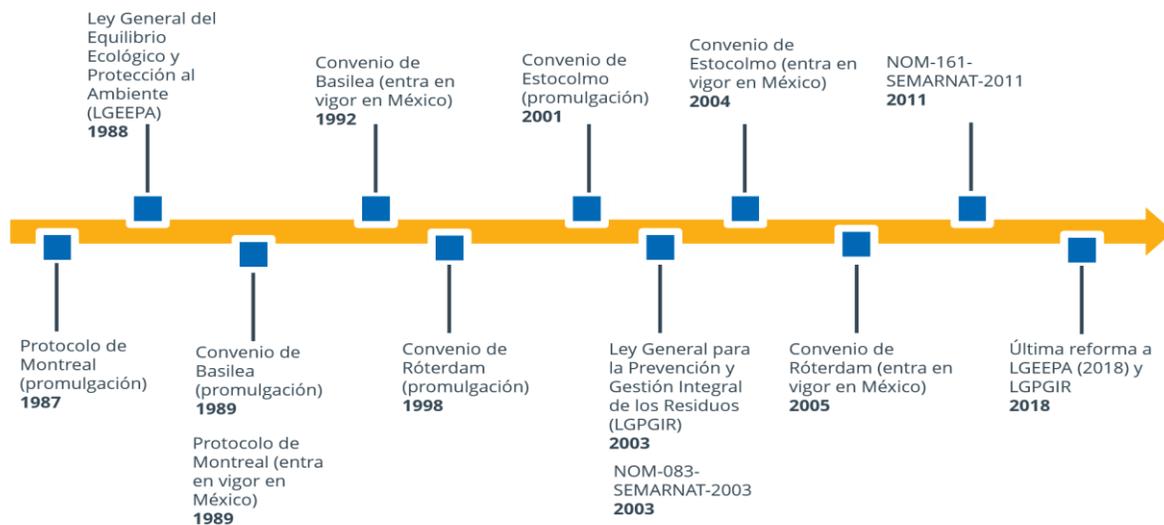


Figura 12. Línea del tiempo del cuadro normativo nacional e internacional sobre RAEE en México
Fuente: Elaboración propia

La LGPGIR, en el artículo 5 inciso XXIX, define a un residuo como el material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la ley y demás ordenamientos que de ella deriven. A partir de esta definición, y al igual que en el ámbito internacional, un producto o material se convierte en residuo cuando el consumidor decide desecharlo. Sin embargo, a diferencia de lo aceptado como residuo a nivel internacional, en México un residuo es objeto de la LGPGIR si tiene un potencial económico y si requiere sujetarse a tratamiento o disposición final

Otra diferencia con el marco internacional está en lo que se entiende como RAEE. La normatividad mexicana **no utiliza propiamente la definición de RAEE** establecida por la Organización de las Naciones Unidas o la Unión Europea. En la LGPGIR se utiliza el concepto **residuos tecnológicos**, el cual se define como “aquellos provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o vehículos automotores y otros que, al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico” (ver artículo 19 fracción VIII). La NOM-161-SEMARNAT-2011 especifica que los residuos tecnológicos son las computadoras personales de escritorio y sus accesorios, computadoras 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 videos portátiles, cables para equipos electrónicos, impresoras, fotocopiadoras y multifuncionales. Esta definición de residuos tecnológicos es estrecha y confusa por dos razones: 1) excluye a los aparatos eléctricos, los cuales representan el 53% del volumen total de RAEE a nivel mundial (es decir, refrigeradores, lavadoras, microondas, secadoras, aires acondicionados, etc.) 2) no detalla

cuáles son los tipos de productos provenientes de cada tipo de industria (informática, electrónica o automotriz).

La LGPGIR clasifica los residuos de acuerdo con su tratamiento y manejo en tres categorías:

- 1 Residuos sólidos urbanos: aquellos generados en los hogares a causa de las actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases o los que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública.
- 2 Residuos peligrosos: son los que poseen alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad.
- 3 Residuos de manejo especial³²: son los generados en los procesos productivos o por grandes de residuos sólidos urbanos y que no reúnen las características para ser considerados como urbanos o peligrosos.

Aunque México es parte del convenio de Basilea que clasifica las sustancias contenidas en los AEE como residuos peligrosos, por un lado, la LGPGIR clasifica **los RAEE como residuos de manejo especial** de competencia estatal, por el otro, la NOM-052-SEMARNAT-2005 establece como peligrosos algunos residuos de artículos electrónicos (por ejemplo, pilas en celulares, tóner de color y cartuchos de tinta en impresoras, tubos de rayos catódicos en pantallas, entre otros), de competencia federal. Esta falta de alineación entre la normatividad internacional y nacional representa un reto para la correcta disposición de RAEE en México, para la aplicación de las medidas de cumplimiento y, por ende, para la protección del ambiente y la salud humana. Para (SEMARNAT, 2018: 19) esto hace que el manejo integral de RAEE no esté homologado. En algunas empresas se cumple con los lineamientos aplicables en la materia de residuos peligrosos (se lleva a cabo una separación y clasificación para su posterior envase, embalaje o empleado y almacenamiento en un área

³² De acuerdo con Artículo 19 de la LGIR Los residuos de manejo especial se clasifican como:

- I. Residuos de las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados de la descomposición de las rocas, excluidos de la competencia federal conforme a las fracciones IV y V del artículo 5 de la Ley Minera;
- II. Residuos de servicios de salud, generados por los establecimientos que realicen actividades médico-asistenciales a las poblaciones humanas o animales, centros de investigación, con excepción de los biológico infecciosos;
- III. Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades;
- IV. Residuos de los servicios de transporte, así como los generados a consecuencia de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas;
- V. Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales;
- VI. Residuos de tiendas departamentales o centros comerciales generados en grandes volúmenes;
- VII. Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;
- VIII. 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, y
- IX. Otros que determine la Secretaría de común acuerdo con las entidades federativas y municipios, que así lo convengan para facilitar su gestión integra.

para contener residuos peligrosos), mientras que en otras se cumple parcialmente con la normatividad.

Planes de manejo

Los **planes de manejo** son instrumentos clave para la gestión integral de los RAEE. Con base en la Norma NOM-161-SEMARNAT-2011, las computadoras (personales y portátiles), celulares, monitores, pantallas, reproductores de audio, cables para electrónicos, impresoras y multifuncionales están sujetos a un plan de manejo. Entre los principales objetivos de los planes de manejo se encuentran: fomentar la minimización de la generación de residuos, promover la responsabilidad compartida, realizar la separación, fomentar el reúso y el reciclaje de los residuos sólidos, con el fin de reducir el volumen de los residuos que actualmente van a disposición final (Gavilán, et al., 2014).

Estos planes de manejo pueden ser generados por entidades federativas, asociaciones comerciales, empresas o por los grandes comerciantes de bienes electrónicos. Además, las empresas pueden formular su propio plan de manejo o adherirse a uno establecido, ya sea gubernamental o de un conjunto de empresas que generan el mismo tipo de residuos (González et al., 2014:277). Los sujetos obligados a la formulación y ejecución de un plan de manejo de RAEE son los **grandes generadores y los productores, importadores, exportadores y distribuidores** de los productos que al desecharse se convierten en RAEE.³³ Dependiendo de la empresa o industria que realiza el plan de manejo, en estos documentos se deben establecer los siguientes elementos:

- Los residuos generados (cantidad y caracterización), se establece el proceso para su acopio, almacenamiento, transporte, envío a reciclaje, tratamiento y disposición final de los residuos
- Los actores responsables de cada etapa del proceso, los cuales pueden provenir del sector público, privado o social.
- El plan de comunicación del programa de reciclaje hacia los consumidores, explicando las acciones que ellas y ellos deben de realizar para devolver los productos que contempla el plan.
- Las estrategias de prevención y minimización.

Los planes de manejo pueden tener cuatro modalidades, dependiendo de quiénes los elaboran, en qué forma, ámbito de aplicación y tipo de residuo. En la primera modalidad, los planes pueden ser privados, cuando son elaborados sólo por los particulares obligados, o mixtos, cuando se elaboran con la participación de las autoridades. En la segunda, los planes pueden ser individuales o colectivos. En la tercera se definen como aplicables a nivel nacional, regional o local y en la cuarta son a partir del tipo de residuo que atienden.

Si bien en la normatividad existente se definen responsables de la elaboración de los planes de manejo, así como, sus elementos y modalidades, estos instrumentos de gestión ambiental

³³ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Artículo 28, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 08 de octubre del 2003; última reforma: 19 de enero del 2018.

carecen de aspectos clave para mejorar su efectividad y cumplimiento como son normas de calidad y estándares, indicadores y mecanismos de financiamiento (Rodríguez-Becerra, et al. 2002).

De acuerdo con SEMARNAT, actualmente hay registrados seis planes de manejo de RAEE a nivel nacional, de los cuales se encuentran públicos los siguientes:

- Plan de Manejo de Residuos de Aparatos electrónicos y eléctricos RAEE de Proambi
- Plan de Manejo de REMSA para residuos electrónicos y eléctricos al final de su vida útil
- Plan de Manejo de Residuos de Manejo Especial - ANATEL
- Plan Colectivo RLGA
- Programa Federal de Reciclaje de Apple

Sin embargo, de estos planes se desconoce la calidad de sus procesos, metas alcanzadas, barreras de implementación, monitoreo, etc.

Interpretación del Principio de Responsabilidad Compartida

La normatividad nacional de la gestión y manejo de los RAEE se sostiene bajo el **principio de responsabilidad compartida**. En la LGPGIR este principio está definido como la corresponsabilidad social que requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.³⁴ Si bien, la responsabilidad compartida utilizada en la ley enuncia la obligación conjunta (productores, importadores, comerciantes, gobierno y consumidores) para atender el manejo de RAEE, este concepto no asigna específicamente responsabilidades al productor y carece de las tres principales características del PRE acordado por la comunidad internacional: 1) enfoque de prevención, 2) pensamiento sobre el ciclo de vida y 3) un esquema de financiamiento a cargo de los productores (Manomaivibool, et al. 2007). La ausencia del PRE en la normatividad mexicana induce, principalmente, a que:

- Los productores o fabricantes tengan pocos o nulos incentivos para mejorar el diseño de los AEE en favor del ambiente. Por lo tanto, en México pudieran estarse produciendo electrónicos más contaminantes y con un ciclo de vida más corto que en los países donde el PRE es aplicado (por ejemplo, en los Estados miembros de la UE).
- La política de recolección, manejo y gestión integral de RAEE carezca de recursos económicos para implementarse.
- No se aproveche el valor económico o energético de ciertos residuos como el acero, plástico, aluminio, cobre, oro, zinc, entre otros.

³⁴ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Artículo 5, Fracción X, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 08 de octubre del 2003; última reforma: 19 de enero del 2018.

- Los consumidores no tengan sitios accesibles para desechar adecuadamente sus productos electrónicos y, por lo tanto, se promueve el reciclaje en el sector informal, la disposición en rellenos sanitarios y/o la exportación ilegal.
- La recolección de RAEE sea selectiva, es decir, que las grandes ciudades sean las únicas beneficiadas por las políticas de recolección y reciclaje.
- El reporte y control de la generación, reciclaje, reutilización y disposición de los RAEE no se lleve a cabo de forma sistematizada.

Con base en la normatividad y el principio de responsabilidad compartida en México, los principales encargados del transporte, recolección, almacenamiento y manejo de RAEE son las autoridades locales (estados y municipios) a través de sus sistemas de limpia tradicionales, los cuales carecen de infraestructura para la correcta disposición de los residuos electrónicos. Por lo tanto, a menos que la entidad o municipio cuente con un plan de manejo especial para RAEE, es muy probable que el destino de estos residuos sean los rellenos sanitarios autorizados. Por parte del sector privado, por un lado, los productores, distribuidores deben, colectiva o individualmente, desarrollar y registrar planes de manejo para RAEE de acuerdo con el artículo 28 inciso III de la LGPGIR, por el otro, las empresas recicladoras pueden presentar un plan de manejo de manera voluntaria (ver Figura 13).

Por su valor en el mercado, en México se ha desarrollado un sector formal de manejo de RAEE integrado por fabricantes, empresas recicladoras y tiendas. Para que estos actores puedan hacerse cargo de este tipo de residuos, ya por medio de la recolección, almacenamiento o reciclaje, deben de elaborar y registrar un plan de manejo ante SEMARNAT. En dicho plan se establece cómo difundirán su plan ante los consumidores o actores relevantes, los procesos de recolección, almacenamiento, logística, reciclaje y disposición. Es importante mencionar que ni los fabricantes ni las tiendas están obligados a tener un plan de manejo. Este requisito sólo aplica si ellos desean hacerse cargo de los RAEE generados.

En cuanto a los consumidores, la normatividad establece que su participación es indispensable para lograr el manejo integral de los RAEE, sin embargo, no se definen obligaciones específicas, por ejemplo, el no desechar los RAEE en la basura doméstica.



Figura 13. Responsabilidad compartida en México para el sistema de manejo integral de RAEE
Fuente: Elaboración propia

A diferencia de otros países en Latinoamérica como Brasil, Uruguay, Chile o Colombia, en México no ha habido intenciones por incluir el PRE en la legislación de manejo integral de RAEE. Ante la ausencia de señales claras y coherentes por parte del gobierno federales y estatales, algunas empresas han optado por crear planes de manejo, unas, por esperar a ver qué es lo que realmente hace el gobierno y otras, por promover el mercado informal de recolección y reciclaje de RAEE.

Monitoreo y sistema de información

En materia de monitoreo y evaluación de RAEE, la LGPGIR insta la integración y actualización del **Sistema de Información sobre la Gestión Integral de Residuos** en el cual se contendrá la información sobre la generación de los residuos (entre ellos los RAEE), la infraestructura disponible para su manejo, las disposiciones jurídicas aplicables a su regulación y control, y otros aspectos que faciliten el logro de los objetivos de la ley.³⁵ La SEMARNAT es la autoridad encargada de la integración de la información proporcionada por las entidades federativas, las cuales a su vez recaban información a partir de lo que los sujetos obligados les entregan (empresas, importadores, distribuidores, etc.). Hasta la fecha no existe dicho sistema, por lo tanto, no es posible tener acceso a información sistematizada y actualizada sobre los RAEE en México.

La Federación cuenta con sanciones administrativas y en caso de subsistencia de las faltas, este nivel de gobierno puede imponer multas (LGPGIR, art. 7, inciso VII). Sin embargo, estas medidas de cumplimiento solamente aplican a los residuos peligrosos lo que significa que el actual marco legal a nivel federal, que clasifica a los RAEE como residuos de manejo especial, no tiene capacidad para hacer valer sus disposiciones en este tipo de residuos. La

³⁵ Íbidem, artículo 37.

gestión, manejo y regulación del sistema de RAEE es competencia de las entidades federativas.

4.2.2 Actores clave

A partir del marco legal de RAEE en México, las atribuciones institucionales se dividen en dos niveles de competencia. En el primer nivel está la Federación, representada en primera instancia por la **SEMARNAT**, cuyas atribuciones son, en términos generales, las siguientes (SEMARNAT, 2017):

- Formulación, conducción y evaluación de la política nacional en materia de residuos.
- Elaboración del Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial.
- Diseño del Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos.

Para llevar a cabo dichas atribuciones la SEMARNAT cuenta con la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental, la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

En el segundo nivel se encuentran los **gobiernos estatales y municipales**. En términos de programas e instrumentos de política, los gobiernos estatales son los encargados de (SEMARNAT, 2017):

- Promover la participación social para la prevención y manejo integral de los RAEE.
- Suscribir convenios con los grandes generadores de RAEE para que formulen e instrumenten sus planes de manejo.
- Coordinar con otras autoridades y representantes de organismos privados la instrumentación de los planes de manejo.
- Integrar el registro de los grandes generadores de RAEE y de empresas prestadoras de servicios de manejo de estos residuos.
- Promover la participación social y la comunicación, educación, capacitación e investigación en materia de RAEE.

Ya en términos de manejo integral, inspección y vigilancia, el nivel estatal está a cargo de (SEMARNAT, 2017):

- Autorizar y registrar los planes de manejo.
- Promover la creación de infraestructura para el manejo de RAEE.
- Regular y establecer las bases para el cobro por la prestación de servicios de manejo.
- Controlar y vigilar la implementación de los planes de manejo.
- Imponer las sanciones y medidas de seguridad correspondientes.

A partir de lo anterior, las entidades federativas tienen la facultad de formular y conducir su política en materia de RAEE, así como, elaborar los programas de este tipo de residuos dado que son clasificados como de manejo especial. De acuerdo con (PNUD, 2015), sólo **20**

de los 32 estados tienen leyes que regulan el manejo especial de residuos, incluyendo los de AEE, los cuales son: Aguascalientes, Baja California, Campeche, Chihuahua, Campeche, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán).

4.2.3 Programas e iniciativas

Si bien existe un **programa nacional para el consumo y producción sustentable**, así como, un marco legal para el manejo y disposición de los residuos, México carece todavía de políticas públicas de consumo sustentable enfocadas en el consumidor, de un sistema de manejo de RAEE claro y responsable, así como, de organizaciones e instituciones enfocadas en fomentar una cultura ambiental que ponga énfasis en los problemas ambientales, especialmente, los relacionados con los RAEE.

- **Etiquetas de eficiencia energética**

Dentro del marco regulatorio nacional no existen etiquetas obligatorias o voluntarias que indiquen que un AEE cuenta con un diseño medioambiental o que garantiza criterios de sustentabilidad en términos sociales o económicos.

En cuanto a eficiencia energética, debido a las normas NOM-005-ENER-2016 y NOM-015-ENER-2012, los fabricantes de lavadoras, refrigeradores, congeladores y aires acondicionados tienen que desarrollar una **etiqueta sobre el consumo de energía** de sus productos con el propósito de que el consumidor sepa qué tan eficiente es el producto en comparación con la competencia.

En el caso de la categoría de lavadoras, la etiqueta incluye datos del producto como modelo, marca, tipo de lavadora y capacidad. Después viene una sección de consumo de energía medida en kilovatio hora por año y un factor de energía que mide qué tan eficiente es la lavadora en el consumo de energía eléctrica en una escala de 60 a 180. Mientras más cercano a 180 esté indicador, significa que la lavadora es más eficiente. Finalmente se presenta el factor de consumo de agua medida en el número de litros consumidos por ciclo de lavado.

Comparando con la etiqueta de eficiencia energética implementada en la UE, la etiqueta en México carece de claridad y omite datos relacionados con el desempeño de las lavadoras como carga máxima, tiempo de lavado, nivel de centrifugado y ruido máximo en el lavado (ver *Figura 14*).

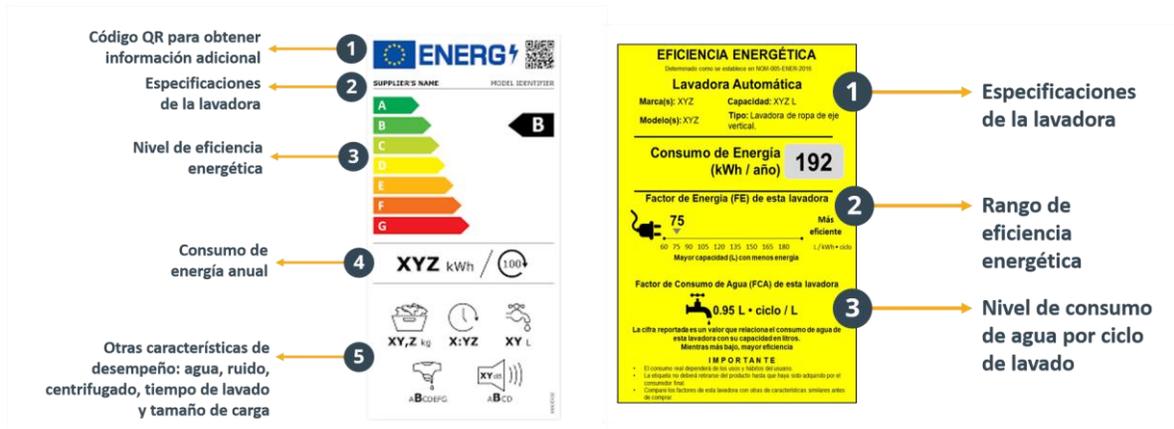


Figura 14. Etiquetas de eficiencia energética para lavadoras en la UE y México
Fuente: Elaboración propia con información de CE (2019) y NOM-005-ENER-2016

La autoridad encargada de autorizar dichas etiquetas es la Secretaría de Energía, a través de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). Sin embargo, dicha Comisión no cuenta con facultades para el monitoreo ni aplicación de la ley. Las inspecciones se realizan por organismos independientes y hasta la fecha no se cuenta con información pública sobre el nivel de cumplimiento de estas etiquetas ni tampoco el impacto que tienen en la cultura de consumo en México.

- **Campañas de reciclaje**

Con el fin de recolectar RAEE, las ciudades han desarrollado diversas campañas de reciclaje. Estas campañas han sido impulsadas tanto por los gobiernos locales como por las empresas o asociaciones relacionadas con los AEE. En el primer caso, los municipios, a través de sus secretarías de medio ambiente, colaboran con empresas recicladoras para que éstas sean las encargadas del reciclaje y disposición final de los RAEE.

Una campaña con varios años de experiencia es el Recicladrón de la Ciudad de México. Se trata de un sistema de recepción de RAEE que opera cada segundo domingo del mes en distintas sedes establecidas en distintos espacios públicos (principalmente se coloca en universidades o plazas públicas), ofreciendo el servicio de recolección sin costo para las y los consumidores. Esta campaña tiene alrededor de 9 años activa, está a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA), en la cual participa una empresa privada denominada Recupera, y se financia a partir de las ganancias recibidas por la venta de los RAEE.

De acuerdo con autoridades de SEDEMA, en cada Recicladrón se recolectan alrededor de 15 a 18 toneladas de RAEE. Principalmente se trata de televisiones, monitores y equipos de cómputo. Después de que los RAEE son entregados a la empresa Recupera, las autoridades asumen que los residuos son manejados de acuerdo con los estándares ambientales que la empresa estableció en su plan de manejo. Se sabe que esta empresa se enfoca principalmente en el proceso de desembalaje.

Las autoridades de SEDEMA son conscientes de los retos que enfrenta el Recicladrón, entre ellos, falta de presupuesto para realizar más sedes y promocionar la cultura de reciclaje de RAEE en la Ciudad de México. Asimismo, crear una red de cooperación con empresas recicladoras y establecer convenios con los distribuidores para poder llegar a más consumidores. Un aspecto en el que SEDEMA ve una gran oportunidad para aumentar el nivel de reciclaje de RAEE es por medio de la recolección de RAEE en las instituciones públicas. Es de su conocimiento de que hay muchas secretarías y oficinas de gobierno que tienen almacenados sus RAEE en bodegas o cuartos.

- El **Programa Verde** es otra campaña de reciclaje, pero organizada por la Asociación Nacional de Telecomunicaciones (ANATEL). Once empresas principalmente dedicadas a servicios de telefonía y lideradas por Nokia México S.A. de C.V. estructuraron un plan de manejo para recolectar celulares a nivel nacional por medio de acopios en distintos concesionarios de las empresas de telefonía. Hasta 2018, el Programa Verde contaba con 516 sitios instalados en todo el país, recolectando 162,472 dispositivos en ese año (equivalentes a 14,489 toneladas de RAEE). De acuerdo con su plan de manejo, ANATEL contrata empresas recicladoras para darle el correcto manejo a los RAEE. En dicho plan no se especifica cuáles son estas empresas ni cuál es el destino específico de los residuos. Este plan también considera una campaña de comunicación lanzada por las distintas empresas a través de medios impresos y digitales. Sin embargo, se desconocen los impactos de ésta en el nivel de recolección de celulares o de cuántos consumidores identifican el Programa.

Una campaña que ha evolucionado incluso en una aplicación móvil es la operada por la empresa recicladora de RAEE denominada Recicla Electrónicos S.A. de C.V. (REMSA), con sede en la ciudad de Querétaro. De acuerdo con su plan de manejo aprobado en 2013, esta empresa tiene la capacidad instalada para reciclar las cuatro materias primas básicas de un RAEE: plástico, vidrio, electrónica, materiales ferrosos y no ferrosos. Hace algunos años, REMSA, en cooperación con otras empresas dedicadas al reciclaje de residuos, lanzaron la aplicación Punto Verde para concientizar a los consumidores sobre el problema de la basura electrónica, crear una comunidad para la reparación o reuso y dar información sobre los servicios de las distintas empresas para la recolección y reciclaje de electrónicos. Por temas de falta de interés, la aplicación Punto Verde se discontinuó. Sin embargo, REMSA lanzó la **aplicación Junta, Entrega Recicla (JER)** por medio de la cual las y los consumidores e incluso empresas pueden organizar la recolección de sus RAEE y otros productos.

A partir de enero de 2019, REMSA en convenio con el Gobierno Estatal de Querétaro lanzaron una estrategia para promover la recolección de RAEE en el estado. Esta estrategia consiste en otorgar incentivos económicos a los ciudadanos que envíen sus RAEE por medio de la aplicación, otorgándoles un bono de \$235 pesos para el pago de la verificación vehicular o en su tarjeta de prepago de Qrobus.³⁶ El beneficio aplica para dos envíos por usuario y está disponible sólo en los municipios de Corregidora, El Marqués, Querétaro y San Juan del Río. Los consumidores no pueden enviar pilas, cartuchos, televisiones

³⁶ Estrategia Recicla tus electrónicos Qro. Boletín publicado por el Gobierno de Querétaro en <http://www.queretaro.gob.mx/sedesu/noticias.aspx?q=63j01wSCoazoTWEYbKCLwQ==>

analógicas, equipo médico o de laboratorio, detectores de humo, lámparas fluorescentes ni antenas. Hasta la fecha no se han publicado avances o resultados de esta estrategia.

En los últimos años, los municipios, en colaboración con empresas recicladoras, han realizado programas de reciclaje. Entre ellos está el Reciclotón en Xalapa Veracruz lanzado en 2011, Proyecto Ecovia (Reciclón) en algunos municipios de Jalisco y emprendida en 2010, el día de reciclaje electrónico organizado por la Universidad Autónoma de Nuevo León desde 2015 y el Programa de reciclaje de residuos electrónicos y pilas del gobierno de Chihuahua³⁷.

Existen otras campañas de reciclaje en México emprendidas por fabricantes y distribuidores como Sony, Panasonic, Samsung, Apple Dell, HP y BestBuy (ver *Figura 15*). Mientras que Sony y Panasonic recolectan RAEE provenientes de cualquier marca, Samsung y Apple solamente lo hacen para sus equipos. Otra de las grandes desventajas de este tipo de campañas de reciclaje es que operan de manera esporádica y a nivel local. Por lo tanto, las y los consumidores que habitan fuera de las grandes ciudades son discriminados.

Campaña	Empresa	Tipo de RAEE	Acciones	Consideraciones
Planet Partners	HP	Cartuchos	Recolección, reciclaje y disposición	Recolección a domicilio sin costo con un mínimo de cinco cartuchos.
Reciclado global	Dell	Laptops, computadoras, monitores, impresoras, escáneres, otros	Recolección y reciclaje de los productos Dell	Recolección a domicilio sin costo, hogares o pequeños negocios. Es necesario llenar un formulario en su sitio web.
Cambia tu smartphone	Samsung	Celulares	Bonificación en la compra de un equipo nuevo	Sólo aplica para productos de Samsung.
PANA-VERDE	Panasonic	Celulares, teléfonos, fax, proyectores, televisores, baterías otros	Reciclaje de RAEE de cualquier marca	Entregar en su centro de acopio ubicado en Edo. De México para reciclaje. La página del programa está activa, pero no se puede asegurar que la campaña siga funcionando.
Recicla tu dispositivo	Apple	Celulares	Reciclaje de celulares Apple	Entregar en las tiendas de Apple o enviar por paquetería.
Ven y recicla tus residuos electrónicos	Best Buy	Televisores, cables, cámaras, laptops, módems, consolas	Recolección y reciclaje de RAEE de cualquier marca	Disponible en todas sus tiendas. El servicio de recolección es sólo para televisores y tiene un costo de \$499 MXN.

Figura 15. Campañas de reciclaje emprendidas por fabricantes y distribuidores

Fuente: Elaboración propia.

³⁷Programa de reciclaje de residuos electrónicos y pilas es permanente en <http://www.cambio.gob.mx/spip.php?article5205>

4.2.4 Situación actual de la generación y manejo de RAEE

El ciclo de vida de los electrónicos se compone de seis etapas: producción, uso, generación de RAEE, recolección y transporte, tratamiento y disposición final.

Producción y uso de aparatos electrónicos

En México, la etapa de producción se caracteriza por una **alta participación de empresas de electrónicos**, 9 de las 10 compañías de manufactura más grandes de este sector a nivel internacional operan en el territorio mexicano. Esta industria generó 488,127 empleos (18% de la industria manufacturera) y el valor de sus ingresos en el mercado nacional y extranjero ascendió a 417,266.7 millones de pesos (mdp) en 2017 (7.2% del total de la industria manufacturera).³⁸ En términos de participación en el comercio internacional, México es el principal exportador de pantallas y el cuarto exportador de computadoras a nivel mundial. (SE, 2014). Bajo este contexto económico es indiscutible que los productores tienen un papel predominante en el rumbo de política de los RAEE, y por ende en la legislación y regulación de la gestión y manejo integral de este tipo de residuos.

En las etapas de uso y generación de RAEE se encuentran los **hogares, comercios, instituciones públicas, empresas e industrias**. En México no existe una fuente de información que proporcione datos específicos sobre el uso de equipos electrónicos. Lo más cercano a ello es la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en Hogares (ENUDITH) elaborada desde 2015 por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en colaboración con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) en la cual se realizan entrevistas a miembros de hogares seleccionados de manera aleatoria para conocer su experiencia sobre el uso de las tecnologías de información y la comunicación. De acuerdo con la ENUDITH 2018, en México hay 83.1 millones de usuarios de telefonía móvil (73.5% de la población total), 50.8 millones de usuarios de computadora (45.0% de la población total) y 114.4 millones de personas cuentan al menos con un televisor (92.7% de la población).

La ENUDITH tiene tres limitaciones importantes para la generación de estadísticas relacionadas con RAEE: 1) aparatos como electrodomésticos, lámparas o aires acondicionados quedan excluidos y 2) el uso de aparatos en comercios, instituciones públicas, empresas e industrias no se contabiliza y 3) no se mide el periodo de uso; es decir, el tiempo que transcurre entre el momento en que el consumidor compra el producto y el momento en que decide desecharlo. Lo que permitiría medir el tiempo de vida útil del aparato antes de convertirse en RAEE.

El **cálculo de la vida útil de cada aparato electrónico** puede variar en cada país pues depende de la cultura de obsolescencia, la calidad del producto y sus materiales, así como, del nivel de reparación, reacondicionamiento y reúso. En México, la última estimación preliminar que se hizo sobre la vida útil de los AEE fue en 2007 como parte de un estudio

³⁸ Datos obtenidos del Banco de Información Económica (INEGI) el 10 de julio de 2019.

realizado por el INECC. En el cual se estimaron los siguientes periodos de vida útil (Román, 2007):

- Computadoras: 5 años
- Televisores: 10 años
- Celulares: 3 años
- Reproductores de sonido: 6 años
- Teléfonos inalámbricos: 6 años

Generación de RAEE

De acuerdo con el marco legal, los AEE se convierten en RAEE a través de procesos industriales y actividades de consumo. En el primero, las **industrias** son las generadoras y en el segundo son, principalmente, los **hogares e instituciones** las que deciden desechar los productos electrónicos y es ahí cuando se convierten en RAEE.

México no cuenta con un sistema de monitoreo ni una metodología formal para medir la generación, recolección, tratamiento y disposición final de RAEE. Las estadísticas generadas por el Monitor Global de Basura Electrónica para México se realizan a partir de estimaciones de importaciones, exportaciones y tiempo de vida útil (Balde, C. P. et al., 2017).

El primer diagnóstico nacional de RAEE se generó en 2006 y estuvo a cargo del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), después se hizo una actualización de las cifras en 2014. Para la estimación de la cantidad de RAEE generados en México, el INECC utilizó datos provenientes de censos económicos y anuarios estadísticos del comercio exterior levantados por el INEGI, cifras reportadas por las empresas recicladoras, maquiladoras, distribuidores y fabricantes, reportes de número de líneas telefónicas provistos por la Comisión Federal de Telecomunicaciones (hoy Instituto Federal de Telecomunicaciones IFT), muestras de aparatos y encuestas realizadas en la región noreste, frontera norte y Zona Metropolitana del Valle de México. Asimismo, consideró supuesto sobre las siguientes variables: periodo de vida útil, peso unitario y aparatos en el mercado (Gavilán, 2015).

Con base en este estudio, en 2006, México generó 256,186 toneladas de RAEE, que representaron **entre 1.5 y 1.6 kilogramos por habitante**. Esta cifra excluye el cambio tecnológico a la televisión digital. De acuerdo con esta estimación, en términos de toneladas, los televisores ocuparon el primer lugar en la generación de RAEE (64.9%), le siguieron las computadoras (18.5%), reproductores de audio (12.9%), teléfonos inalámbricos (2.9%), celulares (0.4%) y equipos de video (0.3%). En 2014, con la actualización del diagnóstico, se encontró que los RAEE aumentaron 39.8% y para 2018 se estima que aumenten 59.6% con respecto a 2006, alcanzando las 408,824 toneladas (ver *Figura 16*).

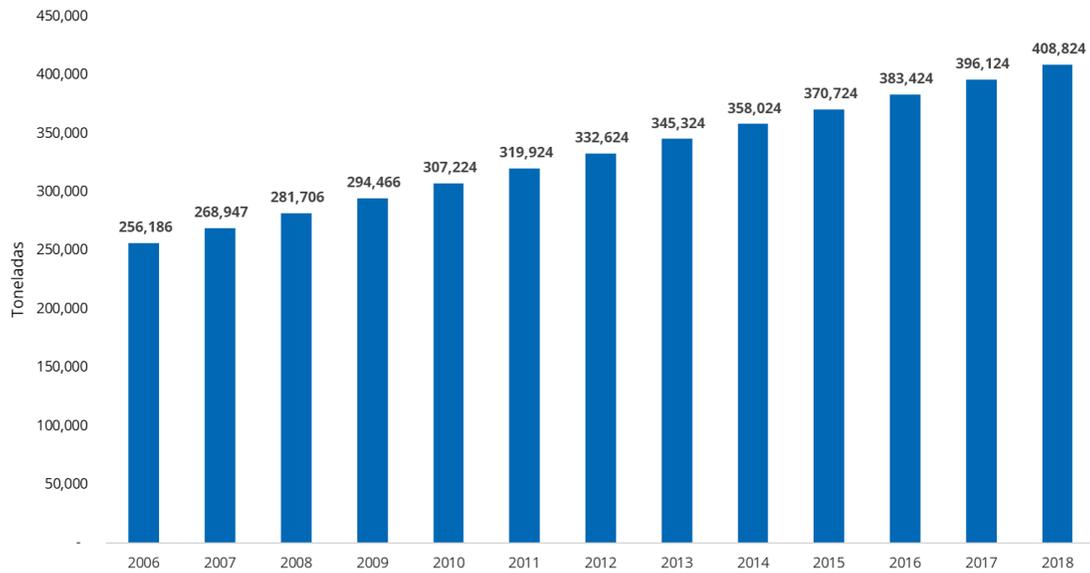


Figura 16. Proyección de la generación de RAEE en México
Fuente: Elaboración propia con datos de INECC (2006)

En 2017, la SEMARNAT, en coordinación con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), a través del Proyecto “Manejo Ambientalmente Adecuado de Residuos con Contaminantes Orgánicos Persistentes” (ResiduosCOP), realizó un inventario de generación de RAEE cuya metodología consideró las recomendaciones del Monitor Global de Basura Electrónica a cargo de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU). Para las aproximaciones, este inventario utilizó cifras oficiales de importación, exportación y producción e incorporó la variable de tiempo de uso. Otros dos aspectos que resaltar de este análisis son la consideración de RAEE generados no sólo en los hogares sino también en las empresas, así como, la contabilización de cinco de las seis categorías aceptadas por la UE (equipos de regulación de temperatura, pantallas, equipos grandes, equipos pequeños y equipos de telecomunicaciones e informática).

A nivel nacional se estimó que **la generación de RAEE en 2015 alcanzó las 1.1 millones de toneladas**, de las cuales, 77.6% proviene de hogares y 22.4% de empresas. De este total, “equipos de regulación de temperatura” es la categoría con mayor representación (43.8%) mientras que la segunda lo ocupan las pantallas (35.5%). De esta cantidad de RAEE, (PNUD, 2017) estima que el 65.12% tienen materiales con potencial económico (hierro, cobre, aluminio, plásticos, oro, plata y paladio), mientras que el 5.99% debe ser separado y manejado adecuadamente como residuo peligroso porque contiene materiales como mercurio, cadmio, cromo y vidrio de plomo. En el corto plazo, este estudio aproxima que para 2021, México generará 1.2 millones de toneladas de RAEE y para 2026, la cifra aumentará a 1.3 millones de toneladas.

No se cuenta con estadísticas o estimaciones de la generación de RAEE para los 32 estados que integran el país. De manera aislada se han hecho estimaciones de la generación de RAEE de algunos electrónicos en ciudades como Piedras Negras, Monterrey y Mexicali, así como, en los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Ciudad de México, Baja California y

Jalisco. El monitoreo de la generación de los RAEE es responsabilidad de los municipios y debe ser regulada por los estados, pero no se cuentan con datos publicados por parte de las respectivas autoridades. La información que se tiene hasta ahora es resultado de investigaciones académicas o institucionales, por lo tanto, son estadísticas no periódicas y sin una metodología estandarizada. Por ejemplo, en Piedras Negras, (Parra, 2001; Román, 2007) encuentran que, en 2010, el desecho de computadoras y televisores en los hogares alcanzó las 80 y 325 toneladas, respectivamente. Para 2015, ellos estimaron que las computadoras de escritorio produjeron 140 toneladas (75% más que en 2010) y los televisores generaron RAEE con un peso de 394 toneladas (21% más que en 2010).

En la Zona Metropolitana de Monterrey, (González et al., 2014) calculó que en 2010 la generación de RAEE alcanzó las 2,046 toneladas. En la Ciudad de México, (PNUD, 2017) aproximó que en 2015 se generaron 117 mil toneladas (10.7% del total nacional), mientras que, en Jalisco y Baja California, el tamaño alcanzó las 82,070 (7.4%) y las 58,600 (5.3%) toneladas, respectivamente.

Recolección, transporte, tratamiento y disposición final

Para la etapa de recolección, en el año 1988, con la aprobación de la LGEEPA, se estableció que las entidades federativas son las responsables de la regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos y los municipios son los encargados de poner en marcha dichos sistemas.³⁹ Bajo esta normatividad, la regulación de los RAEE es responsabilidad de los estados y el reciclaje, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de éstos está a cargo de los municipios.

En México, el reciclaje formal de RAEE, el cual está básicamente basado en el **desembalaje**, es una actividad nueva (Cruz-Sotelo et al., 2017, 107). En (SEMARNAT, 2017) se identificaron 153 empresas con actividades de manejo integral de RAEE, distribuidas en 15 de las 32 entidades federativas del país (ver *Figura 17*). En 7 estados se concentran el 83.3% de las empresas: Jalisco (24.8%), Baja California (18.3%), Guanajuato (11.1%), San Luis Potosí (9.8%), Estado de México (8.5%), Ciudad de México (7.8%) y Nuevo León (5.9%). Las 153 empresas reportaron **una capacidad autorizada de 235,859 toneladas en 2015**, por lo tanto, considerando que se generaron alrededor de 1.1 millones de toneladas de RAEE en dicho año, México claramente no tiene la infraestructura para atender toda la cantidad de RAEE generados.

³⁹ Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Artículo 7, Fracción VI, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988; última reforma el 09 de enero de 2015.

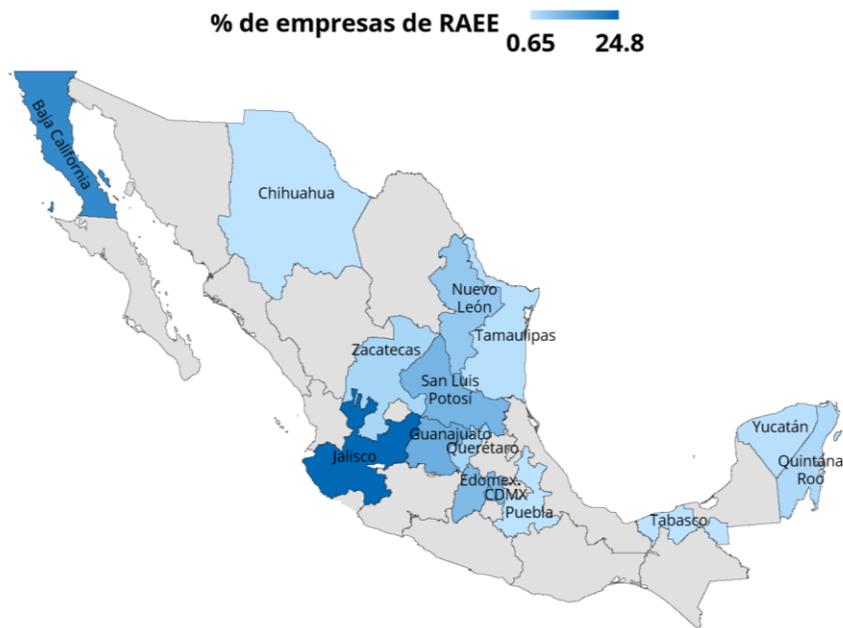


Figura 17. Empresas con actividades de manejo integral de RAEE registradas ante SEMARNAT
Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT (2017)

De acuerdo con SEMARNAT, las actividades de la industria de manejo integral de RAEE se dividen en tres niveles:

- Nivel 0: Logística de acopio, transporte y almacenamiento en planta y centros de acopio. Básicamente, en este nivel las empresas sólo se dedican a recolectar.
- Nivel 1: Separación gruesa de residuos no electrónicos. Las empresas que se ubican en este nivel no necesariamente se dedican exclusivamente a RAEE.
- Nivel 2: Separación selectiva de componentes y materiales con potencial económico, disposición o tratamiento de materiales tóxicos y reacondicionamiento o reparación de equipos electrónicos. Para realizar este nivel, se necesita infraestructura especializada para llevar a cabo una separación selectiva de la forma más eficiente.
- Nivel 3: Refinación de los materiales y eliminación de su toxicidad. En este nivel, las empresas toman las partes metálicas y las funden para volver a producir metal (cobre, aluminio, acero, entre otros) o pellets plásticos y vidrio.

SEMARNAT identifica que 60% de las 153 empresas analizadas se dedican exclusivamente al acopio (nivel 0), 27% al acopio y separación de residuos no eléctricos (niveles 0 y 1), 6% sólo a la separación selectiva, tratamiento de materiales tóxicos y reacondicionamiento de RAEE (nivel 2), 4% al acopio y separación de residuos no eléctricos (niveles 0 y 1), 3% cubren los procesos de acopio, separación de residuos no electrónicos y separación selectiva (niveles 0,1 y 2) y ninguna empresa trabaja en refinación de los materiales y eliminación de su toxicidad (nivel 3). Existen estados donde incluso el 100% de las empresas se dedican exclusivamente al acopio (Puebla, Tabasco, Yucatán y Quintana Roo) (ver Figura 18). Esto tiene dos implicaciones para la economía y el ambiente. Primera, la actividad más redituable (refinación o nivel 3) está desaprovechada en México. La recuperación de materiales

preciosos contenidos en las tarjetas de circuitos que se recolectan en México se exporta y por lo tanto son otros países los que obtienen recursos de esta actividad económica. Segunda, una fracción considerable de empresas alimenta el **sector informal**, transfiriéndoles el trabajo de separación de residuos no electrónicos. Las implicaciones negativas de este último punto en el ambiente y salud son graves.



Figura 18. Empresas con actividades de manejo integral de RAEE registradas ante SEMARNAT
Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT (2017)

Con base en datos reportados en (SEMARNAT, 2017), una empresa pequeña dedicada a la separación selectiva (nivel 2) procesa 220 toneladas al año de residuos. El principal material recuperado es el fierro, 127 toneladas al año, que representan el 57.7% del total de los materiales. Le siguen el plástico con 82 toneladas (37.3%), el aluminio con 7 toneladas (3.2%), el cobre y las tarjetas de circuitos impresos con 2 toneladas cada uno (0.9%). En términos económicos, (SEMARNAT, 2017) identifica que algunas empresas tienen un valor de producción que va desde los \$600,000 MXN hasta los \$55,000,000 MXN y existe una relación positiva entre tamaño de la empresa y valor de producción. Por un lado, una empresa en Baja California con 326 empleados y con capacidad efectiva de procesamiento de 3,600 toneladas al año tiene una producción equivalente a los \$55,000,000 MXN y por el otro, una empresa en Ciudad de México con 7 empleados y con capacidad para 220 toneladas al año genera una producción de \$600,000 MXN al año.

La estructura normativa, la poca infraestructura (principalmente para el acopio) y la falta de acceso a financiamiento representan **barreras para el crecimiento del reciclaje** de metales y plásticos obtenidos de los RAEE. La transportación de residuos es costosa dado que cada estado tiene su propia legislación y entonces se requieren distintas autorizaciones, lo que incrementa los costos de transacción para las empresas, desincentiva el manejo lícito de los residuos y dificulta la vigilancia para las autoridades estatales y locales.

El sector informal y los RAEE

El **sector informal** es una realidad en México (S. E. Cruz-Sotelo et al., 2017; S. Cruz-Sotelo et al., 2016; Román, 2007; SEMARNAT, 2018). Si bien no existen muchos análisis sobre su operación, actores relevantes y organización, se sabe que en países en desarrollo con un gran volumen de RAEE, el sector informal está bien organizado y establecido (Schluep, 2010). Los factores impulsores del sector informal en el manejo de residuos son de tipo económico, social y regulatorio. Primero, existen familias con larga tradición en el trabajo de la recolección y separación de basura que han encontrado en los electrónicos una fuente de ingresos con mayores ganancias. La enseñanza de este trabajo de una generación a otra ha permitido construir redes dentro del sector informal y también fuera de éste con empresas recicladoras, recolectores municipales y autoridades locales. Segundo, la falta de infraestructura y capacidad por parte de las empresas para el manejo de RAEE, así como el abaratamiento de la mano de obra para separar los residuos en el sector informal, incentiva a las empresas a contratar servicios informales. Tercero, el acceso al financiamiento, la complejidad de la normatividad y la corrupción son barreras de entrada para que los recolectores informales se formalicen. Cuarto, la falta de familiarización de los consumidores para entregar sus productos en los centros de acopio autorizados y las importaciones crean espacios para que el sector informal opere.

El principal problema en el sector informal, más allá de la falta de permisos y pagos, es la utilización de técnicas como el rompimiento de carcasas y partes grandes de los electrónicos, así como, la quema de partes adheridas a los metales y de plásticos, las cuales son contraproducentes para la salud humana y para el medio ambiente. Además, las condiciones laborales del sector informal son precarias. Se trata de trabajadores informales u organizados que, en su mayoría, no cuentan con acceso a la atención médica ni a un seguro social, a pesar de que están expuestos constantemente a los elementos peligrosos de los RAEE.

En México, así como en otros países en desarrollo, las personas que laboran en dicho sector provienen de los niveles de ingreso más bajos y encuentran en este tipo de empleo una oportunidad para incrementar su nivel de riqueza. Así como en el reciclaje de otro tipo de residuos, el sector informal de RAEE se divide en seis categorías (Ezeah, Fazakerley, & Roberts, 2013):

1. **Recolector de puerta en puerta:** Una persona o grupo que con un camión, bicicleta o pequeño vehículo recorre las colonias habitacionales para recolectar los residuos sin hacer un cargo por el servicio.
2. **Compradores ambulantes:** El esquema es similar al del recolector, a diferencia de que ellos pagan a los hogares por sus residuos.
3. **Recolectores municipales:** Individuos que pueden o no recibir un salario por recoger los residuos en las colonias o calles.
4. **Camión municipal de la basura:** Se encargan de la transportación, sin intermediarios, de los residuos desde el punto de recolección hasta los centros de disposición. Algunas veces ellos participan en el proceso de separación o venden a los pepenadores los residuos.

5. **Pepeñadores:** Cada vez que una carga de residuos llega al lugar de disposición o relleno sanitario, los pepeñadores entran a seleccionar los residuos valiosos. Este grupo es comúnmente explotado por empresas o sindicatos, realizando el trabajo en condiciones tóxicas para su salud y a veces incluso pagando por entrar a los rellenos sanitarios.

6. **Chatarreros o carroñeros:** son los que manejan las ventas de los residuos a la industria manufacturera o a las empresas exportadoras.

En el caso de México, la economía informal de residuos se caracteriza por la alta presencia de chatarreros y pepeñadores. Este sector se identifica, principalmente, en las zonas metropolitanas con una estructura organizada y muy similar a la formal, es decir, con las mismas actividades de desembalaje manual de los RAEE, pero en condiciones laborales de mayor precariedad (SEMARNAT, 2017: 192). Por lo regular se trata de negocios familiares donde participan todos los integrantes, incluso menores de edad. A medida que el negocio va aumentando de tamaño, la organización se vuelve mucho más estructurada, incluyendo contrataciones temporales de personal para realizar las actividades de recolección, desembalaje, entre otras.

A pesar de su preponderancia en la recolección y manejo de RAEE en México, no hay mucha información y análisis sobre el sector informal. A nivel Ciudad de México, (Tsydenova, 2018) describe que la falta de ingresos por parte de las alcaldías deja espacios sin atender en los sistemas de recolección, los cuales aprovechados por el sistema informal (representado principalmente por pepeñadores y camiones municipales de basura). (SEMARNAT, 2017) identifica que, en la Ciudad de México, el sector informal recicla al menos de 5,000 a 10,000 toneladas al año.

Uno de los sitios más relevantes y conocidos para llevar a cabo actividades informales de reciclaje en la Ciudad de México es la **colonia Renovación**, ubicada en la alcaldía de Iztapalapa. En las calles de esta colonia se pueden encontrar a varias mujeres y hombres trabajando en medio de la calle para separar los materiales que componen los RAEE. De acuerdo con el estudio de SEMARNAT realizado en 2017, los residuos que llegan a la Renovación provienen de diferentes fuentes, como empresas privadas, dependencias de gobierno, casas habitación y de los camiones de basura de las diferentes alcaldías de la Ciudad de México. El acopio de los residuos se realiza en sus casas o lotes destinados al almacenamiento. Los domicilios sirven como bodegas y talleres. El desembalaje se realiza por varios integrantes de la familia al pie de las banquetas mediante un proceso manual, recurriendo a martillos, desarmadores y pinzas como herramientas. No se observa que los trabajadores utilicen algún tipo de protección ni medidas de seguridad.⁴⁰ De las televisiones se recupera únicamente el cobre y los residuos generados se van acumulando afuera de las casas, los cuales son recogidos por recolectores municipales, por lo tanto, hay una alta posibilidad de que sean enviados a los rellenos sanitarios. Así como la colonia Renovación, SEMARNAT ha identificado otros sitios informales para el acopio y separación de los RAEE en los estados de Jalisco y Baja California.

⁴⁰ Opera reciclaje en la clandestinidad. Grupo Reforma. Publicada el 16 de diciembre del 2018 en <https://www.youtube.com/watch?v=5iHzhJmdm24>



Imagen 2. Negocios informales en la colonia Renovación ubicada en la CDMX
Fuente: Fotografías tomada por las autoras

El sector informal en el manejo de RAEE no es algo propio de México. De acuerdo con (OIT, 2015), los actores informales dominan la actividad del reciclaje de RAEE en los países en desarrollo y en algunos casos como Brasil, India o Serbia, este sector es más competitivo que el formal en la recolección de RAEE. En estos países, los precios que los recolectores informales ofrecen por los residuos son más altos que los que ofrecen las empresas. Además, el sector informal se encarga de ir hasta la puerta del consumidor. Algo que, la mayoría de las empresas no hacen. Por estas razones, para las empresas es difícil competir frente al sector informal y acceden a una cantidad menor de residuos. También ocurre que las empresas de reciclaje, grandes y pequeñas sacan provecho de los bajos salarios y la ausencia de un marco normativo, o de su implementación laxa (Puckett, 2007).

La recolección y separación de RAEE en el sector informal es ya en principio un modelo de negocios que contribuye a la economía circular, con trabajadores que cuenta con habilidades específicas. La cuestión está en los métodos y condiciones bajo las cuales se realizan los procesos. Por tal motivo, diversas organizaciones y países han desarrollado **proyectos para vincular el sector informal y formal** y, sobre todo, promover a que el sector informal transite a un modelo de negocios incluyente, que considere la normatividad existente y fortalezca sus capacidades operativas. Estos proyectos se han realizado en la India, Ghana y Brasil (GIZ, 2018; OIT, 2015).

5. Comparación del sistema de reciclaje: Alemania y México

	Alemania	México
Normativas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • Ley de Economía Circular (2012, última reforma 2017): define el manejo de residuos. • Directiva ElektroStoffV (2013, última reforma 2018): tiene como propósito reducir el uso de sustancias peligrosas en la producción de AEE. • ElektroG (2015, última reforma 2019): define el manejo de RAEE. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR 2003, última reforma 2018): establece el manejo de residuos, clasificándolos entre peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos. Los RAEE se clasifican como de manejo especial. • NOM-161-SEMARNAT-2011 (2013): establece que los RAEE están sujetos a un plan de manejo. • NOM-083-SEMARNAT-2003: norma los sitios de disposición final de los residuos urbanos y de manejo especial.
Gobernanza	<ul style="list-style-type: none"> • Asignación clara de responsabilidades a cada actor a través del Principio de Responsabilidad Extendida (PRE) determinada por la UE. • Fabricantes, vendedores y municipios tienen responsabilidades asignadas. La mayor responsabilidad les corresponde a los fabricantes bajo principio: "Quien contamina paga". • Institución exclusiva para el manejo de RAEE (Fundación EAR), la cual coordina el registro y la logística entre los actores involucrados. • Registro de fabricantes y productos de forma obligatoria y con costo. • Monitoreo de AEE y RAEE a cargo de la Fundación EAR y Agencia Federal del Ambiente (UBA). 	<ul style="list-style-type: none"> • Actores sin obligaciones específicas y claras debido a un principio de responsabilidad compartida que alude a la participación conjunta sin asignar responsabilidades en cada fase del sistema de manejo de RAEE ni medidas de cumplimiento. • Fabricantes y vendedores pueden participar en la gestión integral de los RAEE, de manera individual o colectiva, por medio de un plan de manejo. Las empresas recicladoras son las principales figuras en el sistema. • La mayor responsabilidad del manejo de RAEE (al ser considerados como residuos de manejo especial) recae en las entidades federativas. • No se lleva a cabo una contabilización sistematizada a nivel federal de la generación y reciclaje de RAEE. • El monitoreo de RAEE es responsabilidad de los estados. Sólo 20 de los 32 estados cuentan con leyes sobre el manejo integral de sus residuos de manejo especial.
Financiamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Los fabricantes financian parte del sistema a través de una suscripción anual y una tarifa que se calcula con base en la cantidad y tipo de aparatos que introducen en el mercado, financian la Fundación EAR. Además, pagan la logística y transporte de los ÖrE a los EDA. Asimismo, pagan el tratamiento por parte de los EDA (menos el monto de ganancia que los EDA generan con la recuperación de algunos recursos). Los fabricantes pueden trasladar el costo de reciclaje al precio final de sus productos. • Los ÖrEs se financian a través de una tarifa anual de basura obligatoria pagada por cada hogar privado. 	<ul style="list-style-type: none"> • A nivel federal, SEMARNAT no cuenta con un programa presupuestario específico para el sistema de reciclaje de los RAEE. Cada entidad es responsable del financiamiento de su sistema de residuos. Existen programas de reciclaje a nivel local (por ejemplo, Recicladrón en la CDMX) cuyos costos operativos son financiados con el presupuesto de la Secretaría de Medio Ambiente del estado. • Las empresas recicladoras cuentan con un modelo de negocios basado principalmente en la venta de materias primas.

Tabla 2. México y Alemania: sistemas de reciclaje de RAEE

	Alemania	México
Actores clave	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricantes: Financian el sistema y están obligados a registrarse y registrar tipo y cantidad de productos que entrarán en el mercado. Además, se encargan de la coordinación del manejo de RAEE desde los ÖRE (centros de acopio) a los EBA (centros de tratamiento inicial). Los fabricantes también pueden ofrecer los servicios de recolección de RAEE. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricantes, importadores y vendedores: Algunos tienen programas de recolección de RAEE en los que contratan a empresas recicladoras registradas ante SEMARNAT. No se tiene un registro actualizado sobre el número de programas y tampoco se conoce la trazabilidad de estos programas.
	<ul style="list-style-type: none"> • Importadores: tienen la misma responsabilidad que los fabricantes, incluso si tienen su sede fuera del país. Si es el caso deben contar un representante autorizado en el país. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entidades y municipios: son los responsables de diseñar e instrumentar programas de reducción y manejo integral que incentiven a los grandes generadores.
	<ul style="list-style-type: none"> • Vendedores: establecimientos grandes (>400 metros cuadrados de espacio comercial) están obligados a cualquier tipo de RAEE con lados menores a 25 cm, RAEE con mayores dimensiones sólo en caso de que un consumidor compre un aparato de la misma categoría. Esto también aplica para vendedores en línea. 	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas recicladoras: definen planes de manejo y se registran ante SEMARNAT para formalizar sus actividades.
	<ul style="list-style-type: none"> • ÖRE: están obligados a implementar y administrar los centros de acopio para los RAEE de uso privado, y deben informar a las y los consumidores sobre estos puntos. Pueden registrarse para realizar el tratamiento de los RAEE y/o comercializar este servicio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consumidores: seguir lo establecido en los planes de manejo en relación con la devolución de sus RAEE.
	<ul style="list-style-type: none"> • EBA: realizan el tratamiento inicial, evalúan el potencial de reutilizar el RAEE o sus componentes individuales, registran información sobre el estado de los residuos y evalúan si éstos pueden ser reutilizados. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Consumidores: están obligados a regresar sus dispositivos y bajo ninguna circunstancia pueden tirar sus AEE en la basura doméstica. 	
Instituciones clave	<ul style="list-style-type: none"> • Unión Europea: establece reglas, principios generales y cuotas para los estados miembros, a través de directivas. 	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT: encargada de la definición del marco regulatorio de residuos y de la integración del sistema de estadísticas.
	<ul style="list-style-type: none"> • BMU: responsable principal del sistema de reciclaje de RAEE. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entidades y municipios: implementan la normatividad, diseñan programas e iniciativas de reducción y de manejo integral.
	<ul style="list-style-type: none"> • UBA: autoridad dependiente del BMU que implementa las leyes, supervisa, investiga y penaliza las faltas a la ley, supervisa la Fundación EAR, brinda información al público y reporta a la UE. 	<ul style="list-style-type: none"> • INECC: lleva a cabo investigaciones sobre la generación y manejo de RAEE.
	<ul style="list-style-type: none"> • Fundación EAR: registra y monitorea fabricantes y vendedores, mide el número de AEE en el mercado, calcula la cantidad de RAEE que debe recolectar cada fabricante, y coordina comunicación entre ÖRE y fabricantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto PNUD - ResiduosCOP: genera capacitaciones, talleres e investigaciones sobre el manejo de RAEE.

Tabla 3. México y Alemania: sistemas de reciclaje de RAEE

	Alemania	México
Coordinación entre los tres niveles de gobierno	<ul style="list-style-type: none"> Nivel federal: desarrolla y adapta la normatividad establecida por la UE a través de las directivas; investiga y penaliza las faltas a la ley por parte de los fabricantes; supervisa a la fundación EAR. Entidades: supervisan la aplicación de la ley por parte de los ÖrE y vendedores, por ejemplo, a través de pruebas aleatorias; notifica sobre irregularidades. Municipios: realizan el monitoreo; a través de ÖrE, recopilan los RAEE, y colocan centros de acopio; informan a consumidores. 	<ul style="list-style-type: none"> Nivel federal: desarrolla la normatividad, define cuáles son los residuos sujetos a planes de manejo y armoniza el sistema de estadísticas. Al ser los RAEE residuos de manejo especial, no tiene atribuciones de sanción. Entidades y municipios: aplican la normatividad; miden la generación de RAEE; coordinan a los actores involucrados (fabricantes, empresas recicladoras, asociaciones, etc.).
Políticas públicas, programas e iniciativas	<ul style="list-style-type: none"> Blauer Engel: etiqueta ecológica de origen alemán institucionalizada en 1978 con alto reconocimiento a nivel nacional e internacional Diseño ecológico: Existen requisitos mínimos de diseño ecológico a lo largo de su ciclo de vida de AEE definidos a través de la normatividad europea. Educación y sensibilización: el consumo sustentable y el reciclaje forman parte del currículum escolar, existe un programa nacional para fomentar el consumo responsable incluso de AEE Iniciativas adicionales: variedad de iniciativas por parte de organizaciones de la sociedad civil establecidas en conjunto con el sector privado, por ejemplo, campañas de recolección de celulares 	<ul style="list-style-type: none"> Etiqueta de eficiencia energética para lavadoras, refrigeradores, aires acondicionados. Recicladrón: programa de reciclaje en la CDMX que se lleva a cabo una vez al mes en distintas locaciones públicas de la ciudad.
Debilidades del sistema de reciclaje	<ul style="list-style-type: none"> Sistema funcional, pero complejo con muchos actores involucrados y alto nivel de coordinación. Gastos financieros y operativos elevados para fabricantes, lo que genera descontento. Cuotas de recolección solamente entre promedio de miembros de UE Oportunidades para freeriders, sobre todo para vendedores en línea. 	<ul style="list-style-type: none"> Política de reciclaje de RAEE con vacíos en su implementación, sin estructura financiera, sin objetivos en términos de recolección y reciclaje y sin medidas de vigilancia y cumplimiento. Los actores involucrados no están coordinados. Sector informal con alta participación en la recolección y reciclaje. Escasas políticas en términos de reúso, consumo sustentable y diseño eco-ambiental.
Debilidades del sistema de reciclaje	<ul style="list-style-type: none"> Sistema funcional, pero complejo con muchos actores involucrados y alto nivel de coordinación. Gastos financieros y operativos elevados para fabricantes, lo que genera descontento. Cuotas de recolección solamente entre promedio de miembros de UE Oportunidades para freeriders, sobre todo para vendedores en línea. 	<ul style="list-style-type: none"> Política de reciclaje de RAEE con vacíos en su implementación, sin estructura financiera, sin objetivos en términos de recolección y reciclaje y sin medidas de vigilancia y cumplimiento. Los actores involucrados no están coordinados. Sector informal con alta participación en la recolección y reciclaje. Escasas políticas en términos de reúso, consumo sustentable y diseño eco-ambiental.

Tabla 4. México y Alemania: sistemas de reciclaje de RAEE

6. Otros ejemplos de buenas prácticas

Sin dudas, Alemania cuenta con experiencia en la política de reciclaje y en la organización de un sistema de manejo integral de RAEE. Para instrumentar dichas experiencias en México es necesario caracterizar el contexto actual y conocer la factibilidad económica, política y jurídica del país. En términos económicos, por un lado, las empresas recicladoras enfrentan falta de acceso a clientes potenciales por la competencia con el sector informal, asimismo, carecen de acceso a financiamiento bancario. Por el otro, las autoridades gubernamentales no cuentan con presupuestos específicos para financiar sus sistemas de manejo de RAEE. En relación al terreno de la política, la industria de la electrónica tiene una fuerte presencia en el país a través de la generación de empleos e inversión, lo que coloca a los fabricantes y productores en una posición de poder para detener o entorpecer cambios legislativos que busquen asignarles responsabilidades financieras sobre el sistema de manejo de RAEE. Finalmente, en términos jurídicos, México tiene mucho por hacer. Desde la adopción de una definición global de RAEE hasta el diseño de una ley exclusiva para este tipo de residuos.

Además del sistema alemán, existen otros modelos interesantes de otros países en los que México podría considerar buenas prácticas:

- En Suiza existe una **tarifa de reciclaje por adelantado** (vorgezogene Recyclinggebühr, vRG). Se trata de un modelo único. Es una tarifa voluntaria que los fabricantes, distribuidores e importadores incluyen en el precio de nuevos productos. Actualmente más de 600 actores piden esta tarifa. La tarifa se calcula dependiendo de la categoría de AEE y su peso. En este sentido los consumidores se encargan de la responsabilidad financiera. Los fabricantes transfieren la recaudación de esta tarifa a una fundación neutral, la SENS, y de esta forma aseguran el financiamiento del sistema del modelo de reciclaje. Para incrementar la tasa de recolección en Suiza también establecieron puntos de recolección adicionales a los vendedores en **lugares estratégicos** como estaciones de trenes y centros de acopio comunitarios.
- Este modelo de **responsabilidad financiera** también existe en Francia e Irlanda. En comparación con el modelo alemán implica un gasto operacional y financiero menor para los fabricantes. En el modelo suizo, por ejemplo, los fabricantes, distribuidores y minoristas cumplen con su responsabilidad extendida mediante el depósito a la fundación SENS, que cubre los costos de transporte y recolección de los RAEE a través de tres grandes sistemas de devolución SENS, Swico y SLRS, así como, para los controles de los centros de acopio y el tratamiento de los RAEE. Los SENS, Schweizerischer Wirtschaftsverband der Informations-, Kommunikations- und Organisationstechnik (Swico) y Stiftung Licht Recycling Schweiz (SLRS) son organizaciones que representan a los fabricantes.
- En Japón existe el principio de que **el usuario final paga**, es decir, los consumidores pagan la recolección de RAEE. Ellos compran un boleto de reciclaje que pueden obtener en las oficinas de correos o en las tiendas minoristas. Los consumidores

deben proporcionar el boleto al agente de recolección cuando deciden desechar sus AEE.

- Suecia, país conocido como el pionero en reciclaje y manejo de residuos, tiene un sistema de diferentes puntos de recolección para diferentes regiones, que incluye **la recolección móvil** en áreas rurales, coordinado por las municipalidades y financiado por las organizaciones de productores.
- En la India se ha hecho un análisis profundo del sector informal con el fin de definir protocolos para mejorar sus procesos de recolección y reciclaje, creación de cooperativas para incrementar sus tasas de recolección y la búsqueda de alianzas entre el sector formal-informal.

7. Conclusiones

A lo largo de este documento se reconoce la importancia de atender los RAEE generados en México por medio de un sistema de reciclaje basado en el “Principio de Responsabilidad Extendida”. Como punto de referencia se toma Alemania ya que su sistema de reciclaje de RAEE es un ejemplo de buenas prácticas en materia de gobernanza, sostenibilidad financiera y participación de la sociedad civil.

Por un lado, en Alemania se cuenta con un cuadro normativo exclusivo para la gestión integral de los RAEE, el cual i) asigna responsabilidades claras y específicas a lo largo del ciclo de vida de los electrónicos y ii) configura un andamiaje institucional dedicado a la administración, financiamiento, coordinación y vigilancia del sistema. Por el otro, en México se tiene una ley general para la gestión integral de los residuos que, si bien incorpora a los RAEE, no asigna obligaciones particulares a los fabricantes, importadores o distribuidores, dejando que las autoridades locales sean las encargadas de configurar la política de reciclaje de este tipo de residuos a través de sus sistemas de limpia tradicionales, los cuales no cuentan con la infraestructura ni recursos necesarios para llevar a cabo una correcta disposición de este tipo de residuos. A partir de los incentivos económicos que representan los RAEE, México ha desarrollado una industria formal de reciclaje que está regulada por instrumentos administrativos conocidos como planes de manejo. Sin embargo, estos instrumentos no establecen metas de recolección ni de reciclaje y tampoco son sujetos a vigilancia continua.

Al igual que otros países en desarrollo, en México, existe un sector informal en el sistema de reciclaje de RAEE con alta visibilidad y acceso a la recolección de RAEE. En este estudio se documentó brevemente el caso de la colonia Renovación en la delegación Iztapalapa de la Ciudad de México. Un área donde la mayoría de los habitantes se dedica a recoger y separar RAEE para después venderlos a mayoristas. Existe una gran área de oportunidad en la inclusión de los trabajadores del sector informal a la industria de reciclaje de RAEE. Alemania, a través de su plan para mejorar la sostenibilidad en el manejo de basura electrónica, define algunas estrategias para alcanzar este objetivo como la organización de cooperativas, talleres para la optimización de procesos y campañas de concientización.

Entre los principales hallazgos también se encuentra la escasez de información y datos sistematizados sobre la generación, recolección y reciclaje de los RAEE. Si bien, la legislación principal en esta materia, denominada como LGPGIR, dispone la existencia de un sistema estadístico para residuos, los datos sobre RAEE no están actualizados. El único y último inventario sobre la generación de RAEE en México se realizó en 2007.

Para iniciar una transición hacia un sistema de reciclaje de RAEE basado en el principio de responsabilidad extendida requiere entender el contexto bajo el que se lleva a cabo el reciclaje en México, poniendo especial atención en los costos de la industria de reciclaje, los incentivos para construir un sistema de recolección y el modelo de negocio de las empresas de reciclaje. Asimismo, es necesario que las autoridades comiencen a dialogar con fabricantes, importadores y distribuidores sobre su rol en la generación y correcta

disposición de RAEE. Para lograr un mayor impacto con el menor costo posible, la priorización es clave, por lo tanto, entidades federativas con ingresos per cápita alto deben ser los puntos focales de esta política pública.

Finalmente, la atención al problema de la generación de RAEE inicia en el diseño del producto y se fortalece con acciones que promuevan la prolongación del ciclo de vida. A lo largo de este documento se presentaron diversas iniciativas emprendidas por Alemania para promover un consumo sustentable de electrónicos, entre ellas, etiquetas ecológicas, fortalecimiento de los derechos del consumidor para solicitar garantías y acciones comunitarias para la reparación. Estos son ejemplos de cómo México podría fortalecer sus políticas de consumo sustentable enfocadas en el empoderamiento de las y los consumidores.

8. Recomendaciones

Recomendaciones en el corto plazo

1. **Conformar un grupo de trabajo intersectorial que defina prioridades en el tema de RAEE y que promueva la comunicación sobre el tema con las autoridades locales.**

Un grupo de trabajo intersectorial, integrado por SEMARNAT, autoridades locales, empresas recicladoras, fabricantes, organizaciones de la sociedad civil y organismos internacionales, puede definir una agenda y plan de trabajo para empezar a atender el problema de los RAEE. Unidades de trabajo con estos fines han sido institucionalizadas en PROFECO, por ejemplo, a través de la figura de Consejo Consultivo.

2. **Solicitar a los estados información actualizada sobre generación de RAEE, centros de acopio y empresas recicladoras.**

Es necesario contar con datos actualizados sobre la generación, recolección y manejo de RAEE. Existen datos en la página de SEMARNAT, en la del proyecto Residuos COP y en las investigaciones de INECC, por lo tanto, es necesario sistematizarlos u homologarlos.

3. **Sumar a México en iniciativas internacionales sobre manejo de RAEE como StEP Initiative, WEEE Forum o RELAC.**

Actualmente hay distintas iniciativas que apoyan la implementación de políticas públicas relacionadas con consumo sustentable y RAEE. A través de estas iniciativas, México podría crear colaboraciones con fabricantes, organismos internacionales u organizaciones de la sociedad civil para implementar buenas prácticas y experiencias de otros países.

4. **Buscar colaboración con PROFECO para incluir una sección de consumo sustentable de AEE y reciclaje de RAEE en la Revista del Consumidor.**

La PROFECO tiene la obligación de fomentar de manera permanente una cultura de consumo sustentable. Atendiendo dicho mandado, se puede incluir una sección sobre la importancia de prolongar el ciclo de vida útil de los electrónicos a través de la reutilización o reparación, los derechos de los consumidores a garantías por parte de los fabricantes, las consecuencias de tirar los RAEE en la basura doméstica, las posibilidades que tienen las y los consumidores de entregar sus residuos electrónicos, entre otros temas.

5. **Explorar esquemas de responsabilidad extendida.**

Realizar un análisis sobre los tipos de responsabilidad extendida, considerando sus ventajas y desventajas, así como, su nivel de factibilidad bajo el contexto mexicano (industria electrónica con alta presencia en México en términos económicos y de empleo). En este análisis se deben incluir el uso de instrumentos financieros como tarifas, impuestos sobre el

precio de venta, cuotas de depósito-reembolso, entre otros. Asimismo, se deben analizar configuraciones público-privadas como concesiones, franquicias o conjunción de servicios.

6. Analizar el sector informal de acopio y reciclaje de RAEE

El sector informal realiza el 80% de la recolección y reciclaje en México, por lo tanto, es indispensable caracterizarlo, identificando cuáles son las barreras para incluirlos en el sector formal, de qué forma operan, con quiénes comercializan, entre otros aspectos. De esta forma se pueden definir estrategias para incluir a actores del sector informal en cadenas de valor del sector formal. Análisis como éstos se han realizado para India o Ghana.

7. Vigilar y evaluar el grado de cumplimiento de los planes de manejo

Hay registrados seis planes de manejo de RAEE, pero se desconoce la calidad de sus procesos, metas alcanzadas, barreras de implementación, monitoreo, etc. Por esta razón, se recomienda que las Secretarías ambientales de los estados analicen dichos planes con el fin de optimizarlos y vigilar el cumplimiento de las estrategias establecidas en dicho plan.

8. Desarrollar un programa piloto para la creación de un plan de gestión de RAEE

Un convenio con alguna entidad federativa (se recomienda Jalisco, Querétaro o Baja California por su predominante presencia) puede permitir implementar un **programa piloto** que permita diseñar, establecer y operar un plan de gestión integral en cooperación con fabricantes o empresas recicladoras. Es importante brindar incentivos a las y los consumidores para entregar sus RAEE (por ejemplo, descuento en pago de servicios por el pago de envío) y asegurar que exista un mercado formal de centros de acopio y empresas recicladoras que reciban y den tratamiento a dichos residuos.

9. Presentar información accesible y comprensible sobre consumo sustentable y reciclaje (incluso sobre materiales peligrosos) dirigida a las y los consumidores en la página de SEMARNAT.

Con el Programa Producción y Consumo Sustentable 2014-2018 se hicieron los primeros esfuerzos para institucionalizar una campaña de información sobre lo qué es y la importancia del consumo sustentable. Sin embargo, este programa ya no tendrá seguimiento y con esto se pone en riesgo la continuidad de dicha campaña. La SEMARNAT, a través de su página y redes sociales, tiene la oportunidad de difundir este tema, así como, la importancia de reciclar los RAEE.

10. Promover cultura e iniciativas de reutilización de AEE

Existen distribuidores y tiendas que compran equipos electrónicos usados (especialmente celulares) o los intercambian por nuevos. Este tipo de iniciativas son un área de oportunidad para prevenir la generación de RAEE y se recomienda analizar posibles colaboraciones entre las autoridades locales y estos actores del sector privado (por ejemplo, difusión, institucionalización de sus programas, enlace con centros de acopio, etc.).

11. Elaborar un análisis sobre el modelo de negocios de la industria de reciclaje de RAEE

Para incentivar la creación de empresas formales es indispensable que los emprendedores conozcan el monto de inversión necesario para empezar una empresa recicladora, la estructura de costos y nivel de utilidades. Por lo tanto, se recomienda que las Secretarías Ambientales de los estados, en acompañamiento de SEMARNAT, organizaciones internacionales o universidades, realicen un estudio económico y financiero de la industria de reciclaje de RAEE que pueda servir como fuente de información para inversionistas.

En el mediano plazo

12. Implementar una etiqueta para los AEE con la leyenda “No tirar en la basura doméstica”

Se necesita comenzar a emancipar sobre qué es un RAEE y la responsabilidad como consumidor de no colocar los RAEE en la basura doméstica. Una etiqueta es una señal clara para hacer una distinción entre un RAEE y un residuo sólido urbano.

13. Crear una etiqueta ambiental

Con la participación de organizaciones de la sociedad civil y organismos internacionales se puede implementar una etiqueta ambiental (la Blauer Engel como referencia) para incentivar la innovación ambiental en la producción de AEE y obtener recursos para implementar políticas públicas en este tema.

14. Lanzar un premio de ecodiseño dirigido al sector privado y universidades para reconocer buenas prácticas en el diseño sustentable.

El registro puede tener un costo y con esto autofinanciar el premio. Es importante que el jurado esté integrado por representantes gubernamentales, de la sociedad civil y organismos internacionales.

15. Desarrollar materiales educativos

La educación ambiental es clave para prevenir la generación de RAEE, por lo tanto, se recomienda crear materiales educativos con licencia abierta y ponerlos a la disponibilidad del público a través de una plataforma electrónica para maestros y otros actores educativos.

16. Desarrollar y ejecutar sistemas de gestión para registrar y cuantificar el volumen y tipo de RAEE recolectados y procesados

Sin datos no hay estadísticas y quienes generan dichos datos son las empresas recicladoras. Por tal motivo, las empresas deben aprender a llevar un registro o bitácora que permita cuantificar el volumen y tipo de residuos que procesan, así como, el destino de éstos. De este modo, las autoridades locales pueden diseñar la trazabilidad de cada tipo de RAEE y entregar estos datos de manera sistematizada a la SEMARNAT.

17. Definir un manual de estándares y buenas prácticas y desarrollar capacitaciones para el manejo integral de RAEE dirigidas a las empresas recicladoras.

Como parte de los productos de trabajo del grupo intersectorial, la SEMARNAT debe diseñar y oficializar un manual que considere los requisitos de los centros de trabajo, los trámites y registros que deben cumplir las empresas recicladoras, las condiciones de almacenamiento, los procesos de manejo y tratamiento y buenas prácticas aceptadas a nivel internacional en materia de registro de RAEE. En 2018, el Proyecto ResiduosCOP de PNUD realizó un documento que puede servir de insumo. Con este manual, las Secretarías Ambientales de las entidades federativas deben implementar capacitaciones a los supervisores de las empresas con el fin de brindarles información sobre la normatividad en materia ambiental, los trámites que deben llevar a cabo, la importancia de un manejo adecuado y congruente de los RAEE, la responsabilidad de proveer a los trabajadores de equipo de protección personal y los procesos de manejo utilizado a nivel internacional.

En el largo plazo

18. Incluir en la LGPGIR la definición internacional de RAEE.

Es importante tener un concepto claro de lo que se considera como RAEE. La UE tiene una definición que podría ser adoptada por la normatividad mexicana.

19. Implementar un esquema de responsabilidad extendida con instrumentos normativos, financieros, administrativos, de información y de cumplimiento

Se recomienda hacer trabajo legislativo para crear una ley exclusiva para el manejo de RAEE que tome como base el principio de responsabilidad extendida con la asignación clara de responsabilidades financieras, administrativas y de información.

20. Crear una unidad exclusiva para el monitoreo y acompañamiento de la implementación del programa

Para la coordinación de los actores se recomienda crear una institución o unidad dependiente de la SEMARNAT (tomando como referencia el trabajo de la Fundación EAR).



Figura 19. Diagrama de recomendaciones para México

Referencias

Alemán, L. C. P. (2016). Los residuos electrónicos un problema mundial del siglo XXI. *Culcyt*, 1(59), 379-392.

Bakker, C., Schuit, C. (2017). The Long View. Exploring Product Lifetime Extension. En ONU Medio Ambiente. <https://doi.org/10.2307/2961837>

Baldé. et al. (2017). *Observatorio mundial de los residuos electrónicos 2017*. Recuperado de http://collections.unu.edu/eserv/UNU:6341/GEM_2017-S.pdf

Balde. et al. (2017). *The Global E-waste monitor 2016*.

Balderjahn, I., Peyer, M. and Paulssen, M. (2013), Consciousness for fair consumption. *International Journal of Consumer Studies*, 37: 546-555. doi:10.1111/ijcs.12030

Biel A, Dahlstrand U. 2005. Values and habits: a dual-process model. In *Environment, Information and Consumer Behaviour*, Krarup S, Russell CS (eds). Elgar: Cheltenham; 33-50.

Bliklen, R., Jepsen, D., & Auftrag, I. (2019). Recycling im Zeitalter der Digitalisierung. Spezifische Recyclingziele für Metalle und Kunststoffe aus Elektro- kleingeräten im ElektroG : Regulatorische Ansätze.

BMZ. (2017). Improving the sustainability of electronic waste management. Position Paper. Carrington, M., Neville, B., Whitwell, G. (2010). Why Ethical Consumers Don't Walk Their Talk: Towards a Framework for Understanding the GAP between the Ethical Purchase Intentions and Actual Buying Behaviour of Ethical Minded Consumer. *Journal of Business Ethics* 97, pp 139 - 158.

BMU / UBA (2015). Umweltbewusstsein in Deutschland 2014. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/umweltbewusstsein_in_deutschland_2014.pdf

BMU. (2019). *Correspondents' Guidelines No. 1*. Recuperado de https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/anlaufstellen_leitlinien_1_en_bf.pdf

BMU (2019). Nationales Programm für nachhaltigen Konsum, Erstauflage 2016

Cook, G. (2017). Guide to Greener Electronics 2017 - Greenpeace USA.

Cruz-Sotelo, S., Ojeda-Benitez, S., Velazquez-Victorica, K., Santillan-Soto, N., Garcia-Cueto, O. R., Taboada-Gonzalez, P., & Aguilar-Virgen, Q. (2016). Electronic Waste in Mexico -

Challenges for Sustainable Management. En F.-C. Mihai (Ed.), *E-Waste in Transition - From Pollution to Resource* (pp. 95–119). BoD–Books on Demand.

Cruz-Sotelo, S. E., Ojeda-Benítez, S., Sesma, J. J., Velázquez-Victorica, K. I., Santillán-Soto, N., García-Cueto, O. R., ... Alcántara, C. (2017). E-waste supply chain in Mexico: Challenges and opportunities for sustainable management. *Sustainability* (Switzerland), 9(4), 1–17.

CONUEE (2019). Etiquetas de eficiencia energética. Disponible en <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/etiquetas-de-eficiencia-energetica-21874>. Recuperado el 15.06.2019

Deubzer, O. (2011). *E-waste Management in Germany*.

DUH (2018). Rücknahme von Elektro- und Elektronikgeräten. https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/Kreislaufwirtschaft/Elektroger%C3%A4te/180604_Elektroaltgeraete_Ruecknahmekontrolle_Auswertungspapier_2018_korr_0406.pdf

DUH (2019). Elektro- und Elektronikgerätegesetz. Stellungnahme der Deutschen Umwelthilfe.

https://www.duh.de/fileadmin/user_upload/download/Projektinformation/ElektroG/190628_DUH_Stellungnahme_ElektroG3.pdf

Ezeah, C., Fazakerley, J. A., & Roberts, C. L. (2013). Emerging trends in informal sector recycling in developing and transition countries. *Waste Management*, 33(11), 2509–2519. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.06.020>

Fischer, C.; Moch, K.; Prakash, S.; Teufel, J.; Stieß, I.; Kresse, S.; Birzle-Harder, B. (2019). Nachhaltige Produkte – attraktiv für Verbraucherinnen und Verbraucher? Eine Untersuchung am Beispiel von elektronischen Kleingeräten, Funktionsbekleidung, Möbeln und Waschmitteln. Umweltbundesamt (Hrsg.) <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/nachhaltige-produkte-attraktiv-fuer>

García, A. C. (2015). ¿Avances en la prevención y reducción de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos? *Revista CESCO de Derecho de Consumo*, 13, 214–222.

Gavilán, Arturo, V. (2014). Propuestas de gestión, manejo y disposición de residuos de aparatos electrónicos desde la perspectiva gubernamental. En A. O. R. María Eugenia

González Ávila (Ed.), *Residuos-e del norte de México. Retos y perspectivas de su gestión sustentable* (pp. 257–293).

Gavilán, A. (2015). *Residuos Electrónicos y Análisis de Ciclo de Vida de Computadoras en México*.

GIZ. (2018). *Creating Successful Formal-informal Partnerships in the Indian E-waste Sector. Practical Guidance for Implementation under the Indian E-Waste Rules*.

González, M.Ortega, A. (2014). Residuos-e del norte de México. Retos y perspectivas de su gestión sustentable (Primera edición; Ó. M. Tienda, Ed.).

Hardin, S. B., Weinrich, M., Garrison, C., Weinrich, S. and Hardin, T. L. (1994), Psychological distress of adolescents exposed to Hurricane Hugo. *J. Traum. Stress*, 7: 427-440. doi:10.1002/jts.2490070308

INCyTU. (2018). Residuos Electrónicos. Residuos electrónicos, Vol. 008, p. 2.

Institut de Deutschen Wirtschaft (2019). Müllgebühren im Vergleich. Die 100 größten deutschen Städte.

https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2019/Muellgebuehrenranking2019.pdf

Karishma, C. (2018). Case study analysis of e-waste management systems in Germany, Switzerland, Japan and India: a RADAR chart approach. *Benchmarking: An International Journal*, 25(9), 3519-3540.

Kruse, Lenelis (2004): Umweltpsychologie als Humanökologie. In: Serbser, Wolfgang (Hg.): *Humanökologie*. München. (Edition Humanökologie, 1), S. 270-293.

Kuckartz, U. (1995): Umweltwissen, Umweltbewußtsein, Umweltverhalten. Der Stand der Umweltbewußtseinsforschung. In: de Haan, G. (Hg.): *Umweltbildung und Massenmedien: Perspektiven ökologischer Kommunikation*. Berlin, S.71-85.

MacKerron, C. B. (2011). Moving toward sustainable consumption in electronics design, production, and recycling. *Utah Envtl. L. Rev.*, (31), 117.

Magalini, F., Kuehr, R., & Baldé, C. P. (2015). *eWaste in Latin America*. Recuperado de <http://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/11/gsma-unu-ewaste2015-eng.pdf>

Manomaivibool, Panate; Lindhqvist, Thomas; Tojo, N. (2007). Extended Producer Responsibility in a Non-OECD Context: The management of waste electrical and electronic equipment in India.

Moisander J. 2007. Motivational complexity of green consumerism. *International Journal of Consumer Studies*31(4): 404-409. DOI: 10.1111/j.1470-6431.2007.00586.x

Nnorom, I. C., & Osibanjo, O. (2008). Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(6), 843-858.

Paul-Quinn, J. (2006). U.S. states follow the lead of the European Union's directive on Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE.

Perry, J. (2018). Developing Legislative Principles for e-waste policy in developing and emerging countries (Vol. 3576).

OIT. (2015). Combatiendo la informalidad en la gestión de residuos eléctricos y electrónicos: El potencial de las empresas cooperativas.

Parra, J. (2001). Situación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en la ciudad de Piedras Negras, Coahuila. En A. González, M.Ortega (Ed.), Residuos-e del norte de México. Retos y perspectivas de su gestión sustentable (pp. 101-123).

PNUD. (2015). Manejo adecuado de los Contaminantes Orgánicos Persistentes en México.

PNUMA, PACE, ITU, ILO, UNIDO, UNU, ... WEF. (2019). *A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot*. Recuperado de www.weforum.org

Poferl, A.; Schilling, K.; Brand, K-W. (1997): Umweltbewußtsein und Alltagshandeln. Eine empirische Untersuchung sozial-kultureller Orientierungen. Opladen.

Puckett, J. (2007). High-tech's dirty little secret: The economics and ethics of the electronic waste trade. En *Contemporary Sociology* (Vol. 36, pp. 357-358).

Preisendörfer, P. (1999): Umwelteinstellung und Umweltverhalten in Deutschland. Empirische Befunde und Analysen auf der Grundlage der Bevölkerungsumfragen "Umweltbewusstsein in Deutschland 1991-1998. Herausgegeben vom Umweltbundesamt. Opladen.

Rodríguez-Becerra, M., & Espinoza, G. (2002). Instrumentos de gestión ambiental. En *Gestión ambiental en América Latina y el Caribe. Evolución, tendencias y principales prácticas*. (p. 51). Recuperado de <http://www.manuelrodriguezbecerra.com/bajar/gestion/capitulo11.pdf>

Román, E. (2012). WEEE management in Europe: Learning from best practice. En V. Goodship (Ed.), *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Handbook* (pp. 493-525). Woodhead Publishing Limited.

Runder Tisch Reparatur. Positionspapier. https://runder-tisch-reparatur.de/wp-content/uploads/2015/11/Positionspapier_RunderTisch.pdf

Sammer, K; Wüstenhagen, R. (2006). The influence of eco-labelling on consumer behaviour - Results of a discrete choice analysis for washing machines. *Business Strategy and the Environment*, 15 (3), pp. 185-199

Sander, K.; Schilling, S. (2010). Optimierung der Steuerung und Kontrolle grenzüberschreitender Stoffströme bei Elektroaltgeräten /Elektroschrott. Umweltbundesamt (Hrsg.) UBA-Txt 11/2010. Dessau-Roßlau, März 2010. Online verfügbar unter: http://www.umweltbundesamt.de/uba-infomedien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3769. Zuletzt abgerufen am 10.04.2019.

Savage, M., Ogilvie, S., Slezak, J., & Artim, E. (2006). Implementation of the Waste Electric and Electronic Equipment Directive in EU 25 - Final Report.

Savino, A., Solórzano, G., Quispe, C., Correa, M. (2018). Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe. En ONU Medio Ambiente.

Schluep, M. (2010). E-Waste Management in Developing Countries – with a focus on Africa. Symposium sobre tecnologías de información, Ambiente y Cambio Climático.

SE. (2014). Industria electrónica en México. Diagnóstico Sectorial.

SEMARNAT. (2017). Caracterización de la industria formal e informal de reciclaje de residuos electrónicos en México.

SEMARNAT. (2018). Buenas prácticas para el manejo integral y ambientalmente adecuado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos: Marco General. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Proyecto #92723 “Manejo Ambientalmente Adecuado de Residuos con Contaminantes Orgánicos Persistentes.

Stechemesse, K. (2016). Eco Labelling and Green Public Procurement in Germany. Präsentation

STEP. (2014). One global definition of e-waste. En *Step Initiative* (Vol. 3576). Recuperado de http://collections.unu.edu/eserv/UNU:6120/step_one_global_definition_amended.pdf

Tsydenova, N. (2018). Formal and Informal E-waste Collection in Mexico City. *Cascade Use in Technologies 2018*, 30–37.

UNIDO. (2015). Helping Latin America meet its e-waste challenge | UNIDO.

Ugalde, V. (2010). La aplicación del derecho ambiental. En Boris Graizbord y José Luis Lezama (Ed.), *Los grandes problemas de México*. (pp. 227–256).

Unmüßig, B, Sachs, W & Fatheuer, T, 2012. Critique of the Green Economy: Toward Social and Environmental Equity. Heinrich Böll Foundation, Berlin. http://www.boell.eu/downloads/Critique_of_the_Green_Economy.pdf Accessed 9 October 2013.

Young, W., Hwang, K., McDonald, S., & Oates, C. J. (2009). Sustainable consumption: green consumer behaviour when purchasing products. *Sustainable Development*, n/a–n/a. doi:10.1002/sd.394