

**Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología**



**Trabajo de Fin de Grado**

**Gestión de los RAEE en la isla  
de La Palma: Revisión del modelo  
actual y estudio de alternativas.**

**Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática.**

**Autor: Víctor Garritano Pérez**

**Tutor: José Miguel Cáceres Alvarado**



# Agradecimientos

En primer lugar, a mis padres, mi abuela y a mi hermana por su continuo apoyo y cariño durante mi etapa en la universidad y por compartir siempre mis alegrías.

Al profesor José Miguel Cáceres por su atención y por guiarme durante la elaboración de este documento, que siempre sacó tiempo para prestarme su ayuda.

A Aridian, por brindarme siempre sus palabras de ánimo y consejo, y por ser un pilar muy importante en mi vida los últimos años.

Por último a mis amigos y compañeros, con los cuales he compartido un sinfín de momentos que llevaré siempre conmigo.

A todos ustedes, muchísimas gracias.



# Índice general

<b>Abstract</b> .....	5
<b>Introducción</b> .....	6
<b>Objetivo del trabajo</b> .....	8
<b>Capítulo 1: Conceptos Generales</b> .....	9
<b>Capítulo 2: Marco Normativo</b> .....	20
<b>Capítulo 3: Residuos, valorización e impacto ambiental</b> .....	27
<b>Capítulo 4: Histórico isla de La Palma</b> .....	33
<b>Capítulo 5: Comparativa de sistemas de gestión</b> .....	40
<b>Capítulo 6: Estudio de Alternativas</b> .....	50
<b>Capítulo 7: Evaluación de costes asociados a la implementación de las alternativas</b> .....	63
<b>Capítulo 8: Previsiones de futuro y conclusiones</b> .....	67
<b>Bibliografía</b> .....	69



# Índice de figuras

**Figura 1:** Relación entre los residuos per cápita de los países de Europa

**Figura 2:** Relación entre los residuos per cápita de los países de Asia

**Figura 3:** Ejemplo de vertido incontrolado de RAEE

**Figura 4:** Esquema de pasos que dan forma a la economía circular

**Figura 5:** Tabla de clasificación de AEE

**Figura 6:** Recuperación de RAEE domiciliarios por municipio de la isla de La Palma

**Figura 7:** Recuperación de RAEE domiciliarios por categoría

**Figura 8:** Estimación de generación por habitante de La Palma y Tenerife, en 2009.

**Figura 9:** Detalle de procesos manuales de separado y clasificación de materiales

**Figura 10:** Tabla orientativa con índices de recuperación de residuos

**Figura 11:** Esquema de proceso de recuperación de RAEE

**Figura 12:** Ubicación de materiales en los elementos que conforman los RAEE

**Figura 13:** Localización de los puntos limpios de La isla de La Palma

**Figura 14:** Relación de residuos generados en La Palma frente a Canarias

**Figura 15:** Generación de residuos urbanos por habitante

**Figura 16:** Generación de residuos urbanos por habitante en la isla de La Palma

**Figura 17:** RAEE Procesados en Suiza por la gestión de Swico/Sens, anualmente

**Figura 18:** Sistemas de tratamiento de residuos en España

**Figura 19:** Representación de la recogida selectiva de los RAEE en Tenerife

**Figura 20:** Razones por las que no se contribuye a la recogida selectiva en Tenerife



**Figura 21:** Generación per cápita de residuos en el sistema de recogida puerta a puerta

**Figura 22:** Screenshots de la interfaz de la app móvil “Punto Limpio” de ECOTIC

**Figura 23:** Representación del proceso cíclico de generación y descomposición de RAEE

**Figura 24:** Ejemplo de unidad móvil de descontaminación de amianto

**Figura 25:** Ejemplo de remolque móvil de tratamiento intermedio de RAEE

**Figura 26:** Ruta de unidad itinerante

**Figura 27:** Detalle de extracción de líquidos y gases de una unidad frigorífica

**Figura 28:** Detalle de acopio de compresores extraídos



# Abstract

It is evident that, over the last decade, the technology industry has had a considerable global expansion, which may represent a great business opportunity in the coming years if the appropriate policies are implemented and the frameworks for action regarding the management of waste of electrical and electronic equipment (WEEE) are respected. This growth will bring with it a significant increase in waste belonging to the sector, which will generate a large stock of raw materials available for sale on the market, or as a supply for industry or other types of industry.

The generation and management of waste is a serious environmental problem in modern societies, hence the existence of a European waste policy. The abandonment or inadequate management of waste has a significant impact on the receiving environments and can cause pollution of water, soil and air, contribute to climate change and affect ecosystems and human health. However, when waste is properly managed, it becomes a resource that contributes to saving raw materials, conserving natural resources and the climate and, in short, to sustainable development.

In Spain, more specifically in La Palma, Canary Islands, the current model of management of this kind of electronic waste could be improved and updated, since It is mostly based on storage techniques. Changing this way of management could result in a more efficient and self-sufficient process related to this type of waste.



# Introducción

Es evidente que, a lo largo de la última década, la industria tecnológica ha tenido una considerable expansión mundial, lo cual puede representar una gran oportunidad de negocio en los próximos años si se aplican las políticas adecuadas y se respetan los marcos de acción con relación a la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (en lo sucesivo RAEE). Este crecimiento traerá consigo un importante aumento de los residuos pertenecientes al sector, lo cual permitirá generar un gran stock de materias primas disponibles para su venta en el mercado, o como suministro para la industria u otros tipos de industria.

La generación y gestión de los residuos constituye un problema ambiental grave de las sociedades modernas, y de ahí la existencia de una política europea en materia de residuos. El abandono o la gestión inadecuada de los residuos producen impactos notables en los medios receptores, y pueden provocar contaminación en el agua, en el suelo, en el aire, contribuir al cambio climático y afectar a los ecosistemas y a la salud humana. Sin embargo, cuando los residuos se gestionan de forma adecuada se convierten en recursos que contribuyen al ahorro de materias primas, a la conservación de los recursos naturales, del clima y, en definitiva, al desarrollo sostenible.

Desde hace unos años, cada vez son más las empresas que se suman al movimiento de economía circular relacionado con los aparatos electrónicos, recogiendo los aparatos antiguos al renovarlos, o incluso un sistema de leasing, aplicable a todos los dispositivos electrónicos propensos a un uso cada vez menos duradero. De esta forma, se amplía la vida útil de los aparatos y se tiene un sistema circular de consumo más responsable.

Los RAEE no fueron objeto de una legislación específica en el marco de la Unión Europea hasta 2003. En el pasado, la mayoría de países incluían muchos de los RAEE (frigoríficos, cocinas, equipos de aire acondicionado, etc.) en el amplio concepto de “residuos voluminosos”.

Con el tiempo, se ha desarrollado una serie de leyes y artículos específicamente designados para todo lo referente a los RAEE, por lo que se entiende que son un residuo de alta importancia a nivel de Europa.

Citando la legislación de 2012, en el artículo 8 de la directiva europea vigente, en lo referente al tratamiento de RAEE: [1]

*“1. Los Estados miembros velarán por que todos los RAEE recogidos de modo separado sean sometidos a un tratamiento apropiado.*

*2. El tratamiento apropiado, aparte de la preparación para la reutilización, y las operaciones de valorización o reciclado incluirán, como mínimo, la retirada de todos los fluidos y el tratamiento selectivo de conformidad con lo estipulado en el anexo VII de la presente Directiva.*

*3. Los Estados miembros velarán por que los productores o los terceros que actúen por cuenta de ellos organicen sistemas que permitan la valorización de los RAEE utilizando las*



mejores técnicas disponibles. Los productores podrán organizar los sistemas de forma colectiva o individual. Los Estados miembros velarán por que todo establecimiento o empresa que realice operaciones de recogida o tratamiento almacene y trate los RAEE con arreglo a los requisitos técnicos establecidos en el anexo VIII.

4. Se otorgan a la Comisión los poderes para adoptar actos delegados con arreglo al artículo 20 con objeto de modificar el anexo VII para introducir otras tecnologías de tratamiento que garanticen, como mínimo, el mismo nivel de protección de la salud humana y del medio ambiente. La Comisión evaluará de modo prioritario si deben modificarse los incisos relativos a tarjetas de circuitos impresos para teléfonos móviles y pantallas de cristal líquido. Se solicita a la Comisión que examine si es necesario introducir modificaciones en el anexo VII para abordar los nanomateriales contenidos en los AEE.

5. A los fines de la protección del medio ambiente, los Estados miembros podrán establecer normas mínimas de calidad para el tratamiento de los RAEE que hayan sido recogidos. Los Estados miembros que opten por tales normas de calidad lo pondrán en conocimiento de la Comisión, que hará públicas tales normas. A más tardar el 14 de febrero de 2013, la Comisión solicitará a las organizaciones europeas de normalización que elaboren unas normas europeas para el tratamiento, incluida la valorización, reciclado y preparación para la reutilización, de RAEE. Estas normas deberán reflejar el estado más actual de la técnica. Con objeto de garantizar condiciones uniformes para la ejecución del presente artículo, la Comisión podrá adoptar actos de ejecución por los que se establezcan normas mínimas de calidad basadas, en particular, en las normas elaboradas por las organizaciones europeas de normalización. Dichos actos de ejecución serán adoptados con arreglo al procedimiento de examen a que se refiere el artículo 21, apartado 2. Se publicará una referencia a las normas adoptadas por la Comisión.

6. Los Estados miembros fomentarán que los establecimientos o empresas que lleven a cabo operaciones de tratamiento establezcan sistemas certificados de gestión del medio ambiente de conformidad con el Reglamento (CE) no 1221/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de noviembre de 2009, por el que se permite que las organizaciones se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales.”

Respecto a España, se dispone de la infraestructura necesaria para este tipo de residuos, y la cantidad recogida es cada vez mayor. Según un informe de ERP España [2], en 2019 se recogió un total aproximado de 25.000 toneladas de RAEE provenientes de uso doméstico, y se recicló un 84,26 % de las mismas. Para los RAEE derivados del uso profesional, se recogieron 1.083 toneladas, y se recicló el 96 %

Es importante que la industria tome parte cada vez más en la mejora de estos datos, participando en el ciclo de recogida y correcta gestión de los RAEE.



# Objetivo

La finalidad del presente Trabajo Fin de Grado ha sido realizar una investigación de los procesos actuales de tratamiento previo y gestión de residuos provenientes de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en la isla de La Palma, así como idear mejoras e innovaciones en su sistema de gestión, realizando diversas comparativas con otros países líderes en este aspecto. Para ello, se ha consultado información compuesta, principalmente, por datos existentes de recursos de estadística y portales de transparencia de las instituciones, así como libros, artículos web y demás documentación de interés.

Si se aplican las políticas correctas y se respeta el marco de acción en relación con la gestión de los RAEE, se contribuirá a elaborar un modelo sostenible que encaje dentro de la filosofía de economía circular. Debe tenerse en cuenta que la valorización tanto material como energética de los residuos es una opción cada vez más utilizada, pues al atribuirles un valor económico, se logra reducir el uso de recursos naturales y el volumen de residuos que termina en los vertederos.

En consecuencia, el objetivo final de este trabajo puede ser una contribución a que en un futuro se pueda implementar un sistema de gestión específico y eficaz respecto al reciclaje de los RAEE, así como una mejora de la infraestructura de tratamiento de residuos que tenga la capacidad de hacer frente al crecimiento de la cantidad de RAEE generados en la isla de La Palma.



# 1. Conceptos Generales

## 1.1. RAEE ¿Qué son?

Se recogen a continuación las definiciones de los términos clave más utilizados en este trabajo, según lo establecido en RD 110/2015, de 20 de Febrero, sobre RAEE (BOE de 21 de febrero) [3].

Aparatos eléctricos y electrónicos (AEE): Aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, destinados a ser utilizados con una tensión nominal no superior a 1.000 V en corriente alterna y 1.500 V en corriente continua, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos.

Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE): Aparatos eléctricos y electrónicos, sus materiales, componentes, consumibles y subconjuntos que los componen, procedentes tanto de hogares particulares como de usos profesionales, a partir del momento en que pasan a ser residuos.

Los RAEE pueden clasificarse en diferentes categorías según los aparatos o el uso del que provienen antes de convertirse en residuos.

Desde el 15 de agosto de 2018, los RAEE se clasifican en las siguientes categorías:

1. Aparatos de intercambio de temperatura.
2. Monitores, pantallas y aparatos con pantallas de superficie superior a los 100 cm<sup>2</sup>.
3. Lámparas.
4. Grandes aparatos (con una dimensión exterior superior a 50 cm). No se incluyen los aparatos contemplados en las categorías 1 a 3 ni 7.
5. Pequeños aparatos (sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm). No se incluyen los aparatos contemplados en las categorías 3 y 6.
6. Equipos de informática y telecomunicaciones pequeños (sin ninguna dimensión exterior superior a los 50 cm).
7. Paneles fotovoltaicos grandes (con una dimensión exterior superior a 50 cm)

Como puede verse, los RAEE son bastante variados, por lo que su gestión puede ser complicada debido a las diferencias y especificaciones de cada tipo de los mismos.

La generación de RAEE es cada vez mayor, debido al gran desarrollo de las nuevas tecnologías y todo lo que esto conlleva, hasta el punto de que es prácticamente impensable un hogar, centro de trabajo o cualquier centro de producción que no utilice algún tipo de AEE y, por tanto, genere residuos de esta naturaleza. Según estimaciones europeas, la producción de residuos debida a los televisores, neveras, ordenadores y teléfonos móviles es una de las fuentes de producción que más rápido crecen en la Unión Europea, con 9 millones de toneladas generadas en 2005. Según la *United Nations University*, la generación total de RAEE en Europa en 2016 fue 12.3 Mt, lo que se traduce como 16.6 kg de media por habitante y año.



Para la correcta gestión de los RAEE, y en lo que concierne a este trabajo, se tratarán a continuación las particularidades y características de este flujo de residuos.

## 1.2. Particularidades y peligrosidad de los RAEE

Los aparatos eléctricos y electrónicos están formados por numerosos componentes fabricados de diversos materiales que pueden incluir piezas metálicas, plásticas, componentes eléctricos y electrónicos, fluidos, etc. Básicamente se puede hacer una distinción entre metales férricos y no férricos, polímeros, vidrios, madera, caucho o el cartón entre otros materiales, variando la cantidad y proporción de cada uno según el dispositivo en cuestión.

No obstante, los AEE también pueden contener sustancias de cierta peligrosidad como son gases, aceites, cadmio, mercurio, plomo, arsénico, fósforo o compuestos como los clorofluorocarbonos e hidrofluorocarburos.

Aunque estas sustancias permiten el funcionamiento del dispositivo, su emisión al medio natural puede provocar graves daños, o afectar al propio ser humano.

Por esta razón, tiene importancia cada una de las etapas de gestión de este tipo de residuos, es decir, su recogida, transporte, almacenamiento y tratamiento deben hacerse de forma separada, de manera que no se mezclen con otros flujos de residuos.

La peligrosidad de los residuos generados por la producción y uso de los aparatos eléctricos y electrónicos es un aspecto muy importante a tener en cuenta, ya que los equipos de refrigeración, por ejemplo, tienen circuitos que al romperse pueden liberar gases tóxicos para la atmósfera. Otro tanto sucede con las pantallas CRT.

La normativa indica la necesidad de disponer de instalaciones adecuadas para el depósito y almacenamiento de RAEE, implicando en la recogida de los mismos a los distribuidores y entidades locales.

Por otra parte, en aplicación del principio del pago por generación, se obliga a los fabricantes a financiar la gestión de los residuos que proceden de sus aparatos. Esta medida pretende estimular el ecodiseño y la reciclabilidad de los dispositivos, pues se espera que se presenten mejores soluciones a los diseños, facilitando así el desmontaje, reparación o reciclado, y, por tanto, abaratando la gestión de los residuos.

Recientemente, con la publicación del RD 27/2021 [3], en el anexo V se incluye una actualización de importancia para las pilas y baterías de diferentes tipos:



*“En el apartado uno, el Real Decreto introduce nuevos códigos LER (Lista Europea de Residuos) para la identificación de residuos de pilas, acumuladores y baterías considerados peligrosos. Se trata de una codificación propia de ámbito estatal cuyo objeto es que no se puedan diluir en la categoría genérica de «Otras pilas y acumuladores» residuos que deben distinguirse, por su peculiaridad y características, en su recogida, almacenamiento, transporte y tratamiento. Esta previsión se completa en el anexo V donde se detallan dichos códigos LER.*

*El dinamismo del sector ofrece nuevos y numerosos tipos de pilas, acumuladores y baterías, que derivan de las crecientes demandas de nuevos usos y necesidades, como los asociados al sector del automóvil eléctrico. Así, esta novedad responde a la necesidad de ajustar la normativa a la nueva realidad.*

*Igualmente, esta clasificación se adecúa al principio de precaución y prevención, y responde a la evidencia científica de la peligrosidad de ciertos componentes presentes en los residuos de pilas, acumuladores y baterías, como el litio, que se encuentra cada vez más en aparatos eléctricos y electrónicos y en el sector de la automoción. Además, se pretende garantizar que las obligaciones relativas a la recogida y tratamiento adecuados de residuos se adaptan a las peculiaridades de esas nuevas tipologías de pilas, acumuladores y baterías, en aras de preservar la salud humana y el medio ambiente.”*

Además, se incluye información que concierne a los productores de pilas, acumuladores y baterías.

*“Los productores de pilas, acumuladores o baterías que pongan estos productos en el mercado nacional, incluidos los productores que realizan venta a distancia, comunicarán su condición de productor al Registro Integrado Industrial de ámbito estatal.*

*En el caso de la venta a distancia de pilas, acumuladores o baterías, por vendedores ubicados en otros países, estos deberán comunicar su condición de productor al mencionado registro y obtener el número de registro a que se refiere la disposición adicional primera.*

*A estos efectos, se designa a las autoridades previstas en el Real Decreto 330/2008, de 29 de febrero, por el que se adoptan medidas de control a la importación de determinados productos respecto a las normas aplicables en materia de seguridad de los productos, para que de manera previa a la importación de las pilas y acumuladores, supervisen y comprueben el correcto cumplimiento de las obligaciones de registro en el Registro Integrado Industrial por parte de los productores, importadores o representante autorizado. Los resultados de los controles realizados antes de la importación serán trasladados a las autoridades competentes en materia de vigilancia del mercado.”*



La importancia de los RAEE en la actualidad es enorme, y su generación está asociada a diferentes factores:

**Tecnología obsoleta:** Debido al rápido crecimiento de la industria tecnológica, los dispositivos antiguos quedan obsoletos, ya que al actualizarse y salir modelos nuevos, estos dejan de incluir cierto conexionado o acceso a unidades de almacenamiento como los disquetes o los CD. Esto provoca directamente que los elementos relacionados con estas unidades antiguas sean considerados obsoletos y, por tanto, empiezan a formar parte de los RAEE.

**Fin de ciclo de vida:** Los dispositivos electrónicos suelen tener un tiempo de vida aproximado de 5 a 10 años, después del cual suelen comenzar a funcionar mal o a estropearse. Las pilas, cartuchos de tinta y demás consumibles electrónicos, tienen tiempos de vida útil mucho más cortos.

**Ineficiencia energética:** La mayoría de los AEE y consumibles antiguos son convertidos en residuos debido a que los más nuevos consumen menos energía o lo hacen de forma más eficiente.

**Daños:** El daño accidental o intencionado a los dispositivos los convierte en RAEE.

**Modelos discontinuados:** Numerosas marcas discontinúan algunos modelos de forma intencionada para crear consumo de sus nuevos productos. Esto resulta en la dificultad de reparar o conseguir repuestos para los dispositivos antiguos, que terminan siendo residuos.

**Modas:** Los diseños innovadores y la mejora de prestaciones en la industria de, por ejemplo, los teléfonos móviles y ordenadores portátiles, hacen que los dispositivos tengan cada vez menos tiempo de uso, tendiendo a comprar modelos nuevos cuando aún funcionan los antiguos.



Existe cierta relación entre el producto interior bruto de un país (PIB o GDP) y la cantidad de RAEE generados en el mismo, como puede apreciarse en las figuras 1 y 2. A modo de ejemplo, se recogen las gráficas de Europa y Asia.

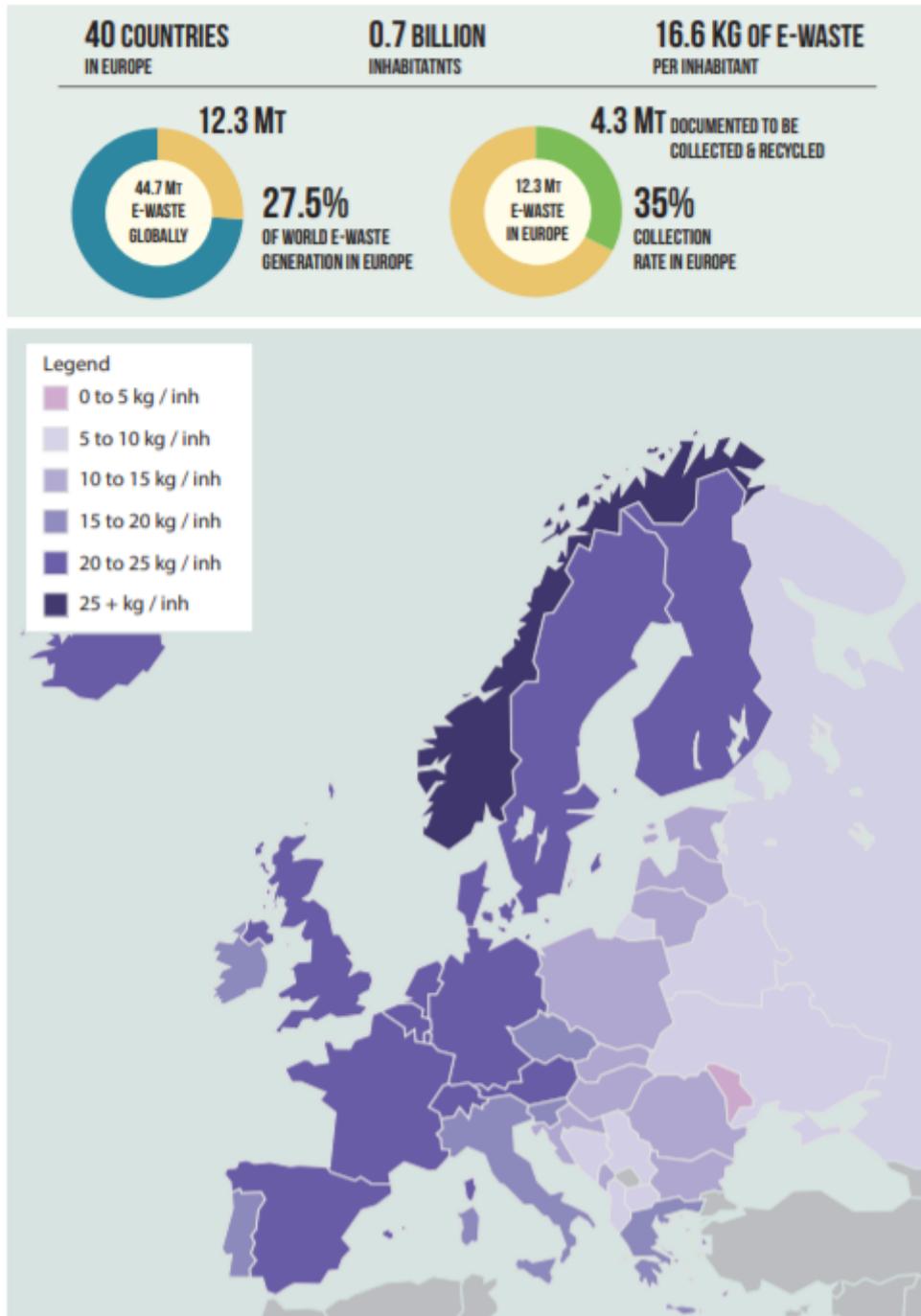


Fig. 1: Relación entre los residuos per cápita de los países de Europa. Fuente: United Nations University

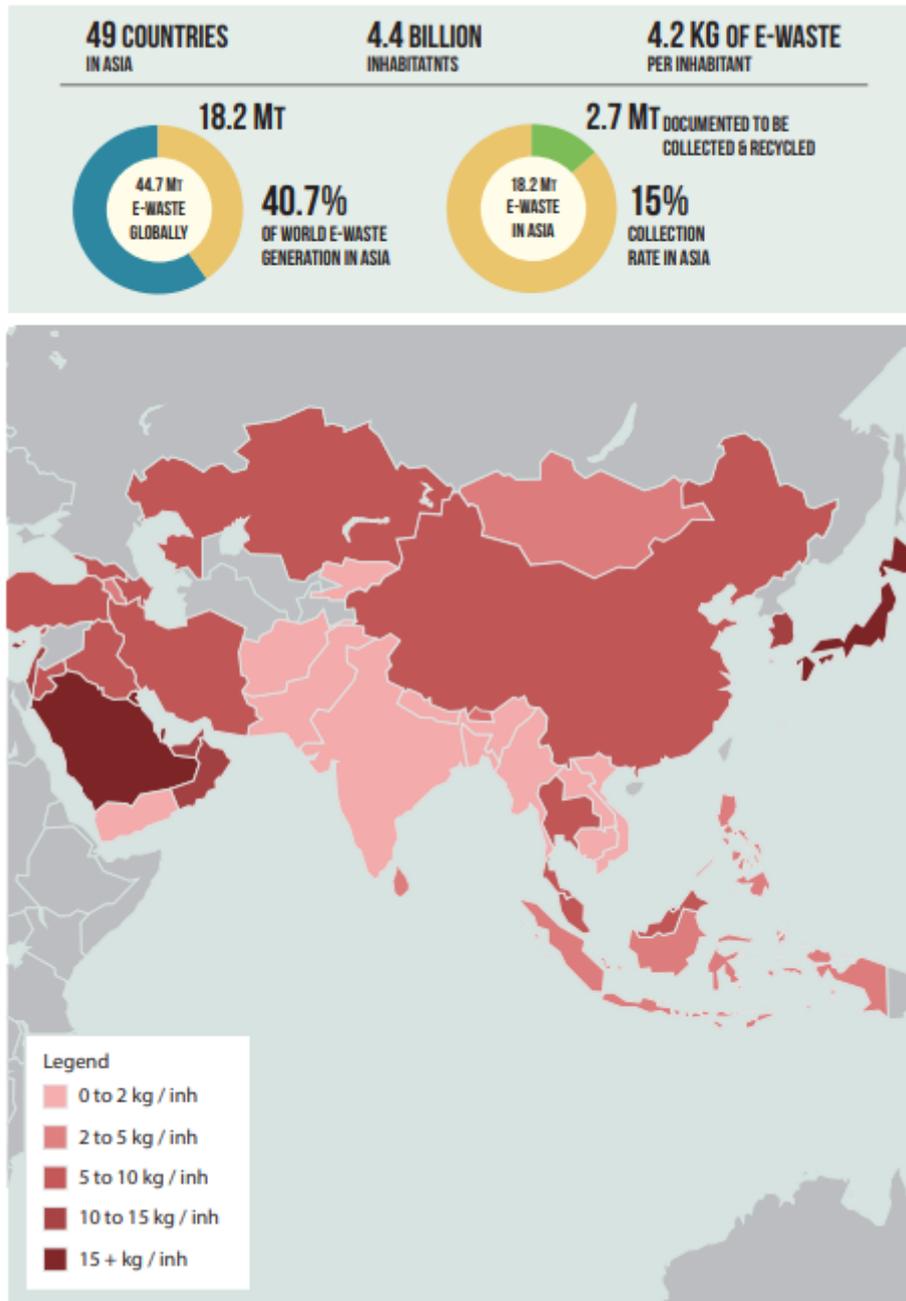


Fig. 2: Relación entre los residuos per cápita de los países de Asia. Fuente: United Nations University

Se puede observar, por tanto, la diferencia entre las tasas de recolección de RAEE de ambos continentes. Asia produce el 40.7 % de los residuos electrónicos globales, sin embargo sólo recoge selectivamente el 15 %. Europa en cambio produce menos residuos de este tipo a nivel global (27.5 %), pero su tasa de recolección es mucho mayor que la de Asia (35 %).



### 1.3. Riesgos derivados de la gestión incorrecta de los RAEE

Existen diversos daños para la salud y para el medio ambiente generados por varios de los elementos contaminantes presentes en los desechos electrónicos, en especial el mercurio, que produce daños al cerebro y el sistema nervioso; el plomo, que tiene efectos perjudiciales en el cerebro y todo el sistema circulatorio. Además, el cadmio, que produce infertilidad, entre otras cosas; y el cromo, que produce problemas en los riñones y los huesos.

En algunos casos, se realiza la incineración de RAEE en ambientes abiertos para aislar metales como el cobre de los cables, y el calentamiento de las tarjetas de circuito impreso para fundirlas y extraer chips (circuitos integrados) y componentes electrónicos. En estas acciones se liberan sustancias químicas peligrosas en el ambiente que conducen a la contaminación y exponen a las personas que manipulan estos productos a compuestos altamente tóxicos; también el depósito de este tipo de residuos junto con residuos comunes, pone en riesgo la salud de las personas y del ambiente, debido a que contienen componentes nocivos como el plomo en tubos de rayos catódicos y las soldaduras, arsénico en los tubos más antiguos, trióxido de antimonio, retardantes de fuego, etc.

Los residuos electrónicos de los equipos informáticos generan una serie de problemas específicos. Por ejemplo, son tóxicos debido a que incluyen componentes como el plomo, el mercurio y el cadmio. También llevan selenio y arsénico, entre otros. Cuando estos compuestos son fundidos, liberan toxinas, contaminando el aire, la tierra y el agua.

La contaminación derivada de la incorrecta gestión de los RAEE acarrea una serie de problemas muy graves para el medio ambiente y para la salud pública en general, por lo tanto es innegable la necesidad de implementar sistemas de gestión responsables y concienciados con dichos inconvenientes, para que no se produzcan situaciones de descontrol.



Fig. 3: Ejemplo de vertido incontrolado de RAEE derivado de una incorrecta gestión.



## 1.4. Economía Circular

En líneas generales, hasta ahora el modelo de gestión de residuos se ha caracterizado por un comportamiento lineal, basado principalmente en el concepto de “usar y tirar”, que requiere de grandes cantidades de materiales y energía barata y de fácil acceso, desde la extracción del recurso hasta su depósito en vertederos.

Esto produce un desaprovechamiento de materiales sin tener en cuenta su posible reutilización o reciclaje, promoviendo un procedimiento circular en el cual no exista la pérdida del material. Cabe destacar la obsolescencia programada que es parte de este modelo lineal y el cual produce un aumento considerable en la producción de residuos. [4]

La Unión Europea produce más de 2.500 millones de toneladas de residuos al año y, a día de hoy, las instituciones comunitarias trabajan en la reforma del marco legislativo para promover un cambio en este modelo de gestión por un sistema de producción y consumo que implique compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos ya existentes, todas las veces que sea posible en su vida útil para crear valor añadido.

La Economía Circular surge debido al aumento de la demanda de materias primas y a la escasez de recursos. Esto se produce principalmente a raíz de un gran crecimiento de la población mundial el cual requiere cada vez mayor disponibilidad de materiales. La extracción y el uso de estos recursos producen importantes consecuencias medioambientales al aumentar el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que un uso responsable e inteligente de las materias primas puede evitar en gran medida estos impactos negativos en el medio ambiente. [4]

Alineado con el objetivo de neutralidad climática de la UE para 2050, en marzo de 2020 la Comisión Europea (CE) propuso un nuevo Plan de Acción de Economía Circular, centrado en la prevención y gestión de los residuos, con el propósito de impulsar el crecimiento, la competitividad y el liderazgo mundial de la UE en este campo.

Posteriormente, en febrero de 2021, el Parlamento Europeo tomó el acuerdo de reclamar acciones más estrictas sobre reciclaje así como fijar objetivos para 2030 de huella ecológica por uso y consumo de materiales con carácter vinculante.

Para alcanzar un mercado europeo de productos sostenibles, climáticamente neutros y eficientes en el uso de recursos, desde la CE se ha propuesto que la directiva sobre diseño ecológico se extienda a productos no relacionados con la energía. La previsión inicial es que las nuevas normas puedan entrar en vigor a lo largo de 2021.

Los miembros del Parlamento Europeo también impulsan medidas para luchar contra la obsolescencia programada, aumentar la durabilidad y la capacidad de reparación de los productos. Se quiere reforzar el derecho de los consumidores a estar debidamente informados sobre el impacto medioambiental de los productos y servicios que compran. A su vez, se aspira a establecer propuestas contra el "lavado verde", como se conoce a la práctica que realizan algunas empresas para hacer creer a los consumidores que son más sostenibles de lo que realmente son.



Para lograr una economía completamente circular, que abarque desde el diseño hasta la producción y de esta hasta el consumidor, los principios de la circularidad y la sostenibilidad se deben incorporar en todas las etapas de las cadenas de valor. Para ello, en el plan de acción de la CE se establecen las siete áreas clave siguientes:

### **1.- Plásticos**

Se respalda la estrategia europea para el plástico en una economía circular, como herramienta que facilita la eliminación gradual de los microplásticos.

### **2.- Textiles**

El sector textil consume grandes cantidades de materia prima y de agua, con menos de un 1 % de utilización de materiales provenientes del reciclaje. Se tienen que adoptar nuevas medidas contra la pérdida de microfibras, así como normas más estrictas sobre el uso del agua.

### **3.- Electrónica y TIC (RAEE)**

Los RAEE constituyen el flujo de residuos con mayor crecimiento en la UE, de los que se recicla menos del 40 %. Se reclama que se promueva aumentar la vida útil de los AEE mediante la reutilización y la reparabilidad.

### **4.- Alimentos, agua y nutrientes**

Se estima que el 20 % del total de alimentos producidos se pierde o desperdicia en la UE. Se pretende reducir al 10 % para el año 2030.

### **5.- Embalajes**

Los residuos de embalajes alcanzaron una cifra récord en 2017 a nivel europeo. Con las nuevas normas se espera que todos los embalajes presentes en el mercado de la UE sean reutilizables o reciclables para 2030.

### **6.- Baterías y vehículos**

Se están estudiando propuestas que exijan que la producción y los materiales de todas las baterías en el mercado de la UE tengan una huella baja en carbono baja y respeten los derechos humanos, así como los estándares sociales y ecológicos.

### **7. Construcción y edificaciones**

Los residuos de construcción y demolición (RCD) representan más del 35 % del total de residuos de la UE. Las medidas en este sector pasan por aumentar la vida útil de los edificios, unido a objetivos de reducción de la huella de carbono de los materiales y requisitos mínimos sobre los recursos y eficiencia energética.

A la vista de que en la UE se generan más de 2.500 millones de toneladas de residuos al año, principalmente en los hogares, desde el Parlamento Europeo se insta a los países de la UE a aumentar el reciclaje de alta calidad, evitar el depósito en vertederos y minimizar la incineración.



Fig. 4: Esquema de pasos que dan forma a la economía circular. Fuente: <https://www.europarl.europa.eu/portal/es>.

Los beneficios que se pueden obtener tras realizar medidas como la prevención de residuos, diseño ecológico y la reutilización podrían generar ahorros netos de 600.000 millones de euros, o un 8 % del volumen de negocios anual para las empresas de la UE, reducción de insumos de materiales necesarios en un 17 – 24 % para 2030, al tiempo que reducirían las emisiones totales anuales de gases de efecto invernadero entre un 2 % y un 4%. Además, reduciría la presión sobre el medio ambiente mejorando la seguridad de suministro de materias primas, una mayor competitividad, innovación, crecimiento y generación de empleo de hasta unos 580.000 empleos en la UE.

También podría proporcionar a los consumidores productos más duraderos e innovadores que impliquen ahorros y una mayor calidad de vida como el uso de productos de fácil reparación y reciclaje de sus componentes abaratando la producción y disminuyendo la extracción de recursos.

Otra alternativa interesante al modelo de consumo actual podría ser el *leasing* electrónico, entendiéndose como *leasing* lo siguiente:

*“El contrato de leasing es un contrato mediante el cual, el arrendador traspasa el derecho a usar un bien a cambio del pago de rentas de arrendamiento durante un plazo determinado, al término del cual, el arrendatario tiene la opción de comprar el bien arrendado pagando un precio determinado, devolverlo o renovar el contrato.”*

Países del norte de Europa como Finlandia, Dinamarca, Noruega o Suecia incorporan este tipo de contratos en sus grandes cadenas de tiendas de electrónica como pueden ser Worten o Media Markt en España.

Mediante un contrato con el banco, el cliente puede seleccionar a cuantos meses desea contratar el uso del dispositivo, y una vez pasen un determinado número de meses, puede decidir si hacer un *upgrade* del dispositivo, es decir, empezar a pagar por un modelo nuevo,



habiendo devuelto el antiguo, o quedándose con dicho dispositivo si desea pagar el contrato por completo. Estos contratos abarcan móviles, tabletas, *smartwatches* o consolas de videojuegos.

Con esta alternativa de consumo se ayuda a resolver problemas como la acumulación de dispositivos por parte de los clientes, o se contribuye al flujo de materias primas extraídas de modelos obsoletos de dispositivos electrónicos, controlando de alguna forma la circulación de estos y aprovechándose así los materiales que se obtienen con los procesos de tratamiento y reciclaje de los RAEE.



## 2. Marco Normativo

### 2.1. Directiva 2012/19/UE (*WEEE Directive*)

La Unión Europea, mediante la Directiva 2002/96/CE (*Waste of Electrical and Electronic Equipment*) que entró en vigor el 14 de febrero de 2003, estableció una normativa específica para los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y fue traspuesta al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero. Su objetivo principal era regular el reciclado y el tratamiento de los dispositivos que habían llegado al final de su vida útil, y de los que por alguna circunstancia debían ser reemplazados. De esta manera, se pretendía prevenir la generación de RAEE dentro de la Unión Europea, así como fomentar su reutilización, reciclado y otras formas de valorización. Esto suponía, a medio plazo, una reducción en la cantidad de residuos generados, además de una mejora en la gestión medioambiental.

Posteriormente, en 2012 se aprobó la Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, que sustituyó a la Directiva 2002/96/CE. Se estableció un plazo para que los Estados miembros de la Unión Europea la aplicaran a su marco regulatorio nacional, siendo Reino Unido, Bulgaria, Dinamarca, Luxemburgo, Holanda, Italia y Francia los primeros en hacerlo. Alemania y España la incorporaron a su marco regulatorio nacional en 2015, en nuestro país a través del Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero.

Entre otras medidas, esta Directiva establece unos objetivos de recogida para los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) fuera de uso según el año a partir de la aplicación de la normativa. Por ejemplo, en 2016 se propuso recoger el 45 % de los AEE introducidos en el mercado en los tres años precedentes. Objetivo que se elevaba al 65 % para 2019 (o en su defecto, el 85 % de los RAEE generados). La realidad es que, según los datos publicados por Eurostat<sup>1</sup> En 2016 la tasa de reciclado de RAEE en la Unión Europea fue del 41.3 %, mientras que en 2018 fue de 42.1 %, valores muy próximos a los correspondientes a España.

La Directiva WEEE de 2012 significó la introducción de una tasa adherida al precio a pagar por el consumidor a la hora de comprar el dispositivo, en concepto del reciclaje del mismo. Además, esta Directiva impone menos cargas administrativas con el fin de aclarar los requisitos necesarios, acelerar los registros de productores y disminuir los gastos derivados de los mismos.

La normativa indica la necesidad de disponer de instalaciones adecuadas para el depósito y almacenamiento de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, implicando en la recogida de los mismos a los distribuidores y entidades locales. Por otra parte, en aplicación del principio de “quien contamina paga”, se obliga al fabricante a financiar la gestión de los residuos que proceden de sus aparatos. Esta medida pretende estimular el diseño y la reciclabilidad de los dispositivos, pues se espera que se presenten mejores soluciones a los

---

<sup>1</sup> <https://bityl.co/7fEo>



diseños, facilitando así el desmontaje, reparación o reciclado, y, por tanto, abaratando la gestión de los residuos.

## **2.2. Real Decreto 110/2015.**

El Real Decreto 110/2015 [3] sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, deroga el anterior Real Decreto 208/2005 e incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva 2012/19/UE de la Unión Europea. Entre sus cambios más relevantes respecto a la normativa anterior, destaca la adopción de una regulación más específica que permita aumentar la seguridad jurídica y establezca las correspondientes obligaciones de las principales figuras que intervienen en el proceso como pueden ser los consumidores, productores, importadores, distribuidores y gestores, de manera que se garantice la unidad de mercado y los criterios de gestión. Por otro lado, también integra una base de datos que permite acceder al cumplimiento de los objetivos, lo cual garantiza la trazabilidad del residuo y su adecuada gestión durante el tratamiento.

Esto permite optimizar la gestión de los RAEE, además de aumentar la competitividad del sector de los fabricantes y de los gestores. Cabe destacar que también promueve la reutilización, de forma que estimula la creación de centros destinados a tal fin y la generación de empleo en el sector.

Los aparatos eléctricos y electrónicos están compuestos por numerosos componentes fabricados de diversos materiales que pueden incluir piezas metálicas, plásticas, componentes eléctricos y electrónicos, fluidos, etc. Básicamente se puede hacer una distinción entre metales férricos y no férricos, polímeros, vidrios, madera, caucho o cartón, entre otros materiales, variando la cantidad de cada uno según el dispositivo del que se trate. A su vez, los AEE contienen sustancias peligrosas que, si bien permiten el funcionamiento del dispositivo, su emisión al medio natural puede provocar graves daños, o afectar al propio ser humano. Tal es el caso del cadmio, mercurio, plomo, arsénico, fósforo, aceites peligrosos, y gases como los clorofluorocarburos, hidrofluorocarburos, o hidrofluorocarburos, que agotan la capa de ozono o que afectan al calentamiento global.

Por esta razón, tienen importancia cada una de las etapas de gestión de este tipo de residuos, es decir, su recogida, transporte, almacenamiento y tratamiento deben hacerse en condiciones seguras y de manera que no se mezclen con otros flujos de residuos.



El RD 110/2015 se ha visto modificado por el RD 27/2021 [3], de 19 de enero (BOE de 20 de enero de 2021). A continuación se presenta una tabla con la nomenclatura y los tipos de residuos distribuidos por numeración dada por el citado RD 27/2021:

Categorías de AEE del anexo I	Categorías y Subcategorías de AEE del anexo III	FR	Grupos de tratamiento de RAEE	Origen	Principales códigos LER - RAEE
1. Grandes Electrodomésticos 1.1. Frigoríficos, congeladores y otros equipos refrigeradores 1.2. Aire acondicionado 1.3. Radiadores y emisores térmicos con aceite 10.1. Máquinas expendedoras con gases refrigerantes	1. Aparatos de intercambio temperatura 1.1. Aparato eléctrico de intercambio de temperatura con CFC, HCFC, HFC, HC, NH <sub>3</sub> 1.2. Aparato eléctrico de aire acondicionado 1.3. Aparato eléctrico con aceite en circuitos o condensadores	1	11*. Aparatos con CFC, HCFC, HFC, HC, NH <sub>3</sub>	Doméstico	200123*-11*
			12*. Aparatos Aire acondicionado	Profesional	160211*-11*
			13*. Aparatos con aceite en circuitos o condensadores	Doméstico	200123*-12*
4. Aparatos electrónicos y de consumo y paneles fotovoltaicos 4.1. Televisores, monitores y pantallas	2. Monitores y pantallas 2.1. Monitores y pantallas LED 2.2. Otros monitores y pantallas	2	21*. Monitores y pantallas CRT	Doméstico	200135*-13*
			22*. Otros monitores y pantallas con componentes peligrosos	Profesional	160213*-13*
			23. Monitores y pantallas LED	Doméstico	200135*-21*
5. Aparatos de alumbrado (excepto luminarias domésticas) 5.1. Lámparas de descarga de gas 5.2. Lámparas LED	3. Lámparas 3.1. Lámparas de descarga (Hg) y lámparas fluorescentes 3.2. Lámparas LED	3	31*. Lámparas de descarga, no LED y fluorescentes.	Doméstico	200135*-22*
			32. Lámparas LED	Profesional	160213*-22*
1.4 Otros grandes aparatos electrodomésticos 3. Equipos de informática y telecomunicaciones 4.4. Otros aparatos electrónicos de consumo 5.3. Luminarias profesionales 5.4. Otros aparatos de alumbrado 6. Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura) 7. Juguetes o equipos deportivos y de ocio 8. Productos sanitarios (con excepción de todos los productos implantados e infectados) 9. Instrumentos de vigilancia y control 10.2. Resto de máquinas expendedoras	4. Grandes aparatos (Con una dimensión exterior superior a 50 cm)	4	41*. Grandes aparatos con componentes peligrosos	Doméstico	200136-23
			42. Grandes aparatos (Resto)	Profesional	160214-23
2. Pequeños electrodomésticos 4.4. Otros aparatos electrónicos de consumo 5.4. Otros aparatos de alumbrado 6. Herramientas eléctricas y electrónicas 7. Juguetes o equipos deportivos y de ocio 8. Productos sanitarios (con excepción de todos los productos implantados e infectados) 9. Instrumentos vigilancia y control	5. Pequeños aparatos (Sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm)	5	51*. Pequeños aparatos con componentes peligrosos y pilas incorporadas	Doméstico	200121*-31*
			52. Pequeños aparatos (Resto)	Profesional	200121*-31*
3. Equipos de informática y telecomunicaciones pequeños	6. Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños (Sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm)	6	61*. Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños con componentes peligrosos	Doméstico	200136-32
			62. Aparatos de informática y telecomunicaciones pequeños sin componentes peligrosos	Profesional	160214-32
4.2 Paneles fotovoltaicos de silicio (Si) 4.3. Paneles fotovoltaicos de telurio de cadmio (CdTe)	7. Paneles solares grandes (Con una dimensión exterior superior a 50 cm)	7	71. Paneles fotovoltaicos (Ej.: Si)	Doméstico	200123*-41*
			72*. Paneles fotovoltaicos peligrosos (Ej.: CdTe)	Profesional	200135*-41*

Fig. 5: Tabla de clasificación de AEE.



Con respecto a las modificaciones introducidas por el RD 27/2021, se incorporan las actualizaciones realizadas en 2018 en las Directivas comunitarias que regulan los flujos de residuos, en particular la obligación de hacer uso de instrumentos económicos para aplicar el principio de jerarquía en la gestión de estos residuos.

Respecto a los residuos de pilas y acumuladores, el cambio más relevante que se introduce es que aquellos residuos que contengan litio o níquel metal hidruro, pasan a considerarse residuos peligrosos, garantizando que se gestionan de acuerdo a sus características de peligrosidad.

En cuanto a la normativa relacionada con los RAEE, se clarifica su ámbito de aplicación, para permitir una clasificación más sencilla y coherente con los requisitos específicos de tratamiento. Del mismo modo, se concretan los objetivos de gestión de residuos que deben cumplir los productores de AEE y se ordenan las responsabilidades que deben asumir directamente, diferenciándose de las que se cumplen a través de los sistemas de responsabilidad ampliada..

El RD 27/2021 aporta mayor fiabilidad a la hora de establecer los objetivos estatales de recogida de RAEE, ya que posibilita añadir objetivos específicos para ciertos aparatos y poder realizar, de esa manera, un seguimiento más adecuado de la gestión de los RAEE.

Otra aportación de este Real Decreto es la mejora la coordinación en materia de RAEE, a través del grupo de trabajo de RAEE de la Comisión de coordinación en materia de residuos, en concreto en referente campañas de comunicación. También se precisan las funciones de la plataforma electrónica de gestión de RAEE, para indicar más claramente la información que puede obtenerse a través de este instrumento.

Por finalizar, cabe destacar que el nuevo RD refuerza el control de los AEE procedentes de terceros países, ya que obliga a que el número de inscripción en el Registro Integrado Industrial esté incluido, de forma visible, en la acreditación documental de la importación de estos dispositivos.



### 2.3. Plan Territorial Especial de Residuos de La Palma (PTER)

El Plan Territorial Especial de Residuos de La Palma (PTER en adelante), cuyo procedimiento de tramitación se inició en 2009, fue aprobado definitivamente el 28 de abril de 2015 (BOC de 26 de Mayo). Se elaboró teniendo en cuenta el siguiente marco legislativo general:

- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre, sobre los residuos.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados
- Ley 1/1999, de 29 de enero, de Residuos de Canarias
- Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) para el período 2008-2015
- Plan Integral de Residuos de Canarias (PIRCAN) 2001-2006

En la redacción del PTER se tuvieron en cuenta los principios y objetivos respecto a la gestión de residuos establecidos en el PIRCAN, profundizando en las características particulares de La Palma. Actualmente, el Gobierno de Canarias tiene bastante avanzados los trámites del nuevo PIRCAN, que inicialmente estaba previsto para el periodo 2020-2026 [5]

En lo que a RAEE específicamente se refiere, en el PTER se incluyen conjuntamente con los residuos voluminosos, en el flujo denominado residuos especiales. Las cantidades recuperadas en 2008 y 2009 fueron las siguientes:

PROCEDENCIA	PESO kg
PL. LOS LLANOS	74.360,00
PL. TIJARAFE	28.186,00
PL. PUNTALLANA	36.200,00
DISTRIBUIDORES	62.624,00
ZONA HORNO MAZO	24.100,00
<b>TOTAL</b>	<b>225.470,00</b>

Fig. 6: Recuperación de RAEE domiciliarios por municipio en 2008

CATEGORIA	TIPO	PESO kg
1A	FRIGORIFICOS	61.069
1B	GAE	29.242
A3-A4	MEZCLA GRIS/MARRON	116.203
<b>TOTAL</b>		<b>206.514</b>

Fig. 7: Recuperación de RAEE domiciliarios por categoría en 2009

Hasta 2015, en las instalaciones de Hoya de la Higuera (zona antiguos hornos incineradores), sólo se recibían RAEE procedentes de recogidas puerta a puerta y grandes productores.



Con respecto a los objetivos europeos de recogida de RAEE, en 2015, de 4 kg por habitante y año, se tienen los siguientes resultados, elaborados con los datos de las tablas anteriores, en comparación con la isla de Tenerife:

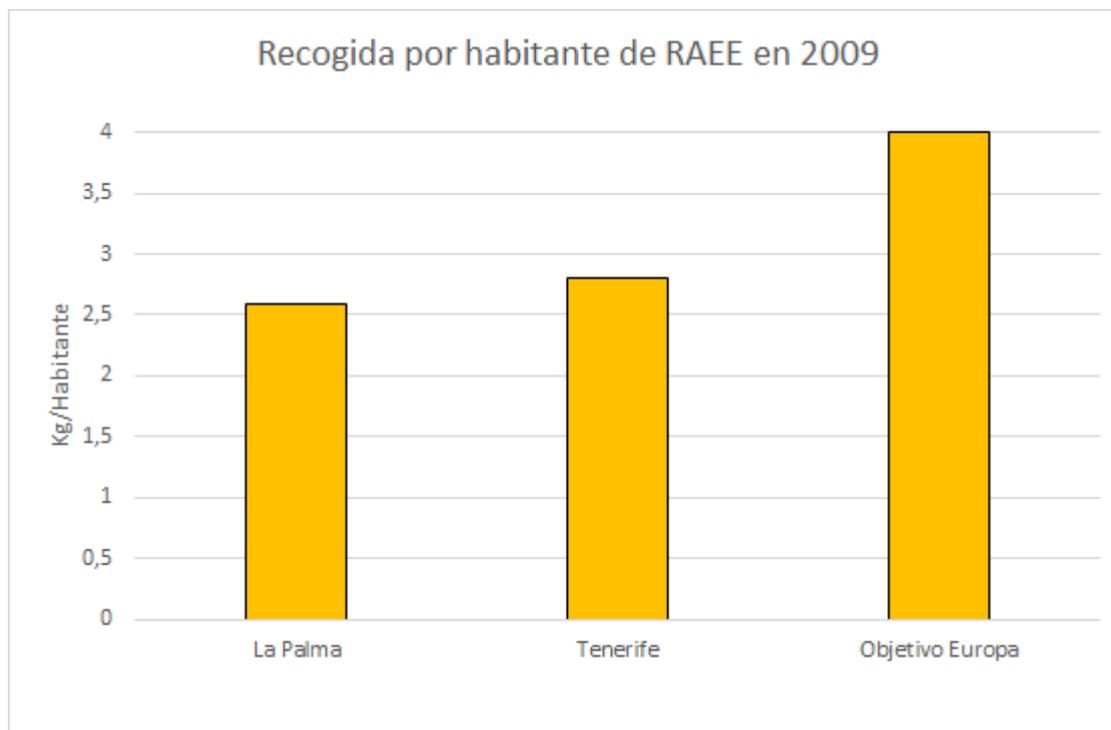


Fig. 8: Estimación de objetivos de recogida por habitante de La Palma y Tenerife, en 2009.

Pueden observarse unos datos similares, ambos por debajo del objetivo europeo de recogida de 4 kg por habitante.

En la Memoria de Ordenación del PTER, la medida 3.5 atiende la recuperación y aprovechamiento de los residuos voluminosos (RV) y de los RAEE. Contempla un sistema de recogida doble: a domicilio puerta a puerta y mediante entrega en puntos limpios.

Los RAEE se concentrarán y almacenarán para su posterior traslado a otra isla o a península, excepto aquella fracción que se pueda aprovechar o deba eliminarse directamente en La Palma.

El tratamiento previo puede consistir en:

- Clasificación y en función del destino almacenamiento, trituración o prensado.
- Descontaminación del RAEE en aquellos casos en los que la naturaleza del objeto lo exija: frigoríficos y aparatos de aire acondicionado (gases del sistema de refrigeración), campanas extractoras de humos (filtros de retención de partículas), Ordenadores (circuitos integrados).
- Trituración para facilitar su transporte o eliminación.
- Prensado, para facilitar su transporte.



El aprovechamiento de estos residuos puede ser llevado a cabo por dos vías: fuera y dentro de la isla. La opción dentro de la isla debería organizarse en base a los siguientes principios:

- Recogida efectiva para evitar el posible deterioro derivado del traslado del residuo.
- Reparación siempre que fuera posible, con garantía para el futuro adquiriente.
- Desguace para recuperación de piezas, maquinaria y otras partes como repuestos para ser reutilizados en los talleres de reparación.
- Entrega al flujo de residuos, según materiales: vidrio, metales, plásticos.

En el documento de Normativa del PTER, el artículo 26 trata sobre prevención en la generación de RAEE en los siguientes términos: [5]

*Las administraciones locales, dentro de su ámbito competencial, y particularmente el Cabildo Insular, fomentarán la prevención en la generación de RAEE, difundiendo la información necesaria a los consumidores de aquellos sistemas que conduzcan a un ahorro de materias primas y energía de estos aparatos durante su utilización, y menor cantidad y peligrosidad de residuos una vez desechados.*

Además:

a) *Fomentarán los contratos de mantenimiento de este tipo de aparatos.*

b) *Fomentarán el desarrollo insular de sistemas de servicios, comunitarios, alquiler o "leasing".*

c) *Fomentarán el mercado de segunda mano, para muebles y enseres, electrodomésticos, así como para todo tipo de productos y componentes, y promover las bolsas de subproductos.*



### 3. Residuos, valorización e impacto ambiental

Una vez realizadas las operaciones de tratamiento y los procesos de separación de los componentes que conforman los RAEE, gran parte de los materiales contenidos en los mismos pueden ser reciclados, pues elementos tales como el vidrio, aluminio y otros (semiconductores), en el caso de paneles fotovoltaicos, pueden ser recuperados, a diferencia de otros materiales como el EVA, que se considera un recurso no valorizable materialmente.

La Directiva 2012/19/UE [1] incluye a los paneles fotovoltaicos en las categorías de aparatos eléctricos y electrónicos, y, por tanto, sus residuos pasan a ser RAEE, que deberán ser recogidos y tratados adecuadamente por gestores autorizados. De esta manera, los Estados miembros de la Unión Europea dispondrán de una herramienta que les permita desarrollar eficazmente la gestión de este tipo de residuos, definir los alcances de los agentes que intervienen, impedir su exportación ilegal y aprovechar los recursos para obtener beneficios económicos, ambientales y sociales.



**Fig. 9:** El desmontaje se suele realizar mediante procesos manuales para la recuperación de componentes como carcasas, cables externos y baterías. Fuente: <https://www.ewaste.es/>



### 3.1. Principales residuos generados

En los RAEE, los materiales que presentan una tasa de recuperación más elevada son principalmente el aluminio y el cobre, siendo esta del 100 % y del 89 %, respectivamente. Estas tasas de recuperación corresponden a los materiales que provienen del reciclaje de paneles fotovoltaicos, que varían dependiendo del tipo de RAEE, ya que no todos utilizan los mismos materiales y el tratamiento y reciclado no se realiza del mismo modo. Otros materiales altamente valorizables son el oro, el hierro, el níquel, el paladio y la plata, entre otros. [6]

Material	Waste (t)	Recovery rate (%)	Waste recovered (t)
Glass	6,430,255	95	6,108,742
Aluminium	617,658	100	617,658
Silicon	162,334	81	131,490
Tellurium	877	87.5	767
Copper	56,632	89	50,403
Silver	242	40	97
Indium	5132	30	1540
Gallium	95	30	29
Germanium	4942	30	1483

Fig. 10: Tabla orientativa con índices de recuperación de residuos (Previsión hasta 2050), Fuente: Paiano, 2015 [6]

Una vez los RAEE son transportados a una planta de recuperación, se clasifican en reutilizables y reciclables.

La actividad de reciclaje se puede dividir en las siguientes partes del proceso: desmontaje, valorización y refinado.

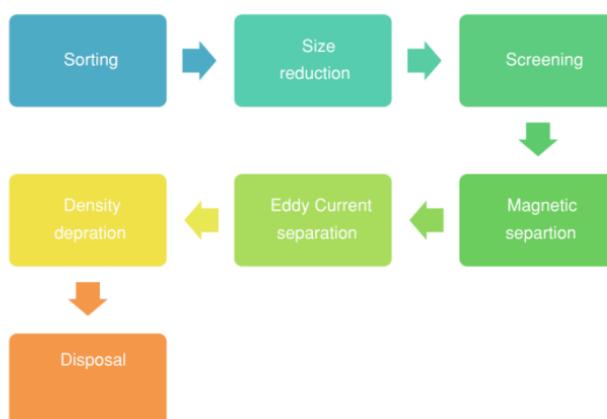


Fig. 11: Esquema de proceso para recuperación de RAEE.



El desmontaje se suele realizar mediante procesos manuales para la recuperación de componentes como carcasas, cables externos, baterías, PCBs, etc. Estos componentes se prueban y los que superan favorablemente esta inspección son enviados a tiendas de reparación y de repuestos electrónicos.

Según el RD 27/2021 [3], durante la fase de desmontaje y antes de la reducción de tamaño y separación se extraerán, como mínimo, los componentes, sustancias y mezclas siguientes (de manera que no sean liberados al medio ambiente): *condensadores que contengan PCB, tubos de rayos catódicos, lámparas de descarga de gas, pilas y acumuladores que son accesibles en el aparato sin usar herramientas, cartuchos de tóner, aceites, pantallas de cristal líquido de más de 100 cm<sup>2</sup> de superficie y las que lleven lámparas de descarga de gas como iluminación de fondo, componentes que contengan amianto, mercurio, fibras cerámicas refractarias y sustancias radioactivas y contrapesos de hormigón.*

*Cumpliendo con el principio de precaución, en caso de que no se disponga de suficiente información del diseño de los aparatos por parte de los productores de AEE sobre el contenido de sustancias peligrosas, los RAEE se tratarán de manera que se prevenga la salud de los trabajadores y la protección del medio ambiente. La retirada se realizará de tal modo que no se dificulte la preparación para la reutilización y el reciclado de componentes y materiales.*

Por otro lado, las placas de circuito impreso se pueden triturar hasta convertir en polvo los materiales que las conforman, incluyendo plásticos, cerámicos, metales varios y silicio.

Los metales preciosos, como oro, plata, paladio y platino, son recuperados en refinerías especiales para ello. Cabe destacar que no todas las plantas de procesamiento son capaces de recuperar estos metales, por lo tanto en todas aquellas que este proceso no sea posible, se transportarán los residuos a la zona designada para su correcto tratamiento.

El tratamiento metalúrgico de los materiales derivados de los RAEE presenta una mejora significativa en lo que al efecto en el medio ambiente se refiere para obtenerlos. Es decir, que la valorización material es muy relevante en términos del uso de recursos naturales para la obtención por minería de los metales, por ejemplo. Esto puede ocasionar un ahorro energético y de recursos en comparación a la extracción en yacimientos y minas.



### 3.2. Valorización de los residuos

Como se ha mencionado anteriormente, una gran parte de los residuos pueden ser aptos para su valorización, evitando así su eliminación directa. En el caso de los RAEE, sus componentes principales, como el aluminio y otros metales, pueden reciclarse muy fácilmente. [7]

En este apartado se aborda la valorización de los residuos desde tres puntos de vista: económica, material y energéticamente.

Por otra parte, cabe recordar que en España se dispone de los Sistemas Integrados de Gestión (SIG), compuestos por una serie de gestores que valorizan los principales tipos de residuos como son el papel, el cartón, el vidrio o los neumáticos, entre muchos otros. En lo que nos ocupa, también se encargan de los RAEE.

Existe un mercado secundario para los materiales extraídos de los RAEE. Aunque hay barreras como, por ejemplo, los potenciales costes de usar materiales reciclados, lo cierto es que estos mercados están en crecimiento. A continuación se detallan los principales materiales que se derivan de los RAEE:

**Metales:** Existen mercados internacionales para metales reciclados. En Europa uno de los más importantes es España. El reciclaje de los metales se ve favorecido por la facilidad con que pueden ser recuperados y fundidos para su utilización en nuevos productos. La calidad del metal fabricado a partir de residuos es comparable a la del metal primario.

**Metales férricos:** este grupo de metales constituyen el 50 % aproximadamente del total de materiales procedentes de los RAEE, mayoritariamente de los grandes electrodomésticos. Debido a la gran demanda de acero en muchos procesos industriales y de producción, resulta destacable la obtención de este material reciclado mediante la trituración.

**Metales no férricos:** esta clase de metales solo supone el 5 % del total de los materiales procedentes de los RAEE. Los metales típicos pertenecientes a este grupo y recuperados de los RAEE incluyen aluminio, cobre, latón y metales preciosos.

Los principales usos para estos metales dentro de los AEE son los siguientes:

- Cobre en cables, instalaciones eléctricas, tarjetas de circuitos y motores.
- Aluminio en revestimientos y radiadores.
- Latón en contactos eléctricos.
- Metales preciosos como oro, platino y plata, se utilizan en baños de contactos eléctricos y conectores.

El flujo de metales no férricos resultante de los tratamientos realizados con los RAEE puede conducirse a un separador por densidad para mejorar la calidad y asimismo, el valor de estos flujos de metales. Tras esta separación, pueden destinarse a una fundición, en el caso del cobre, o una refinería, en el caso de los metales preciosos. Las tarjetas de circuitos impresos que contienen metales no férricos también pueden ir a fundiciones para recuperar



estos metales. Los restantes materiales de las tarjetas de circuitos pueden ser usados como combustibles durante las operaciones de fundición.

Esto demuestra que no existe escasez de demanda de los metales no férricos resultantes de las operaciones de tratamientos de RAEE.

Plásticos: Se estima que los plásticos suponen el 10 % del peso total de los equipos a tratar. La composición de estos plásticos está constituida generalmente por polipropileno, poliuretano, policarbonato y poliestireno de alta densidad.

Aunque es técnicamente posible reciclar la mayoría de polímeros encontrados en los RAEE, es necesario realizar una separación previa de los diferentes tipos de plásticos para que puedan ser usados en un número mayor de aplicaciones. Existen varias barreras en el reciclaje de estos plásticos, tales como el desconocimiento por parte de la industria de su valor, el potencial contaminante debido al número de polímeros usados en los plásticos, su contenido en ocasiones en retardantes de llama y otros aditivos que pueden afectar al proceso de reciclado.

Esto supone un problema en el momento del reciclado ya que es difícil por parte de los gestores conseguir cantidades significativas y homogéneas de un determinado material polimérico. En el caso de los plásticos procedentes del reciclaje de grandes electrodomésticos, pueden ser utilizados para la fabricación de productos con aplicaciones de bajo costo como pavimentos de carretera y parkings o como material de relleno. Para el caso concreto de los plásticos reciclados en las plantas de RAEE, en función de la ubicación de la planta y los acuerdos a los que se llegue con los gestores autorizados, para el destino de estos materiales se contemplan varias opciones como envío a gestor autorizado o a un centro de transferencia y, en última instancia, el envío a vertedero. [8]

Material reciclable	Posible ubicación en el AEE
Papel	Instrucciones
Cartón ondulado	Embalaje
Plástico	Carcasa
Poliétileno tereftalato (PET/1)	Embalaje
Poliétileno de alta densidad (PEHD/2)	Carcasa
Poliétileno de baja densidad (PEBD/2)	Pantallas LCD
Polipropileno (PP/5)	Embalaje
Poliestireno (PS/6)	Embalaje
Metal férreo	Chasis
Metales no férreos (aluminio, cobre, plomo, etc)	Tuberías
Madera	Estructura
Aceites	Motor
Gas (refrigerante)	Compresor
Ácido	Batería
Zinc, mercurio y plata	Pilas

Fig. 12: Tabla de clasificación de ubicación de materiales en los elementos que conforman los RAEE. Fuente: [8]



### 3.3. Objetivos mínimos de valorización

A continuación, se detallan los objetivos mínimos aplicables por categoría de RAEE, según el Anexo XIV del RD 27/2021, a partir del 15 de agosto de 2018. Se hace referencia a las categorías del anexo I del RD 110/2015, recogidas en el Capítulo 2 sobre Marco Normativo (ver Figura 5): [3]

*“Parte 3. Objetivos mínimos aplicables por categoría a partir del 15 de agosto de 2018 con referencia a las categorías del anexo III:*

*a) Para los RAEE incluidos en las categorías 1, 4 o 7:*

- se valorizará un 85 %, y*
- se preparará para la reutilización y se reciclará un 80 %.*

*b) Para los RAEE incluidos en la categoría 2:*

- se valorizará un 80 %, y*
- se preparará para la reutilización y se reciclará un 70 %.*

*c) Para los RAEE incluidos en la categoría 3 del anexo III se reciclará un 80 %.*

*d) Para los RAEE incluidos en las categorías 5 o 6:*

- se valorizará un 75 %, y*
- se preparará para la reutilización y se reciclará un 55 %.”*



## 4. Histórico isla de La Palma

En referencia a lo que se ha recogido en esta memoria anteriormente, se expone a continuación la situación de la gestión de residuos en la isla de La Palma.

En la isla de La Palma, según los datos de 2018 del Cabildo, se generan anualmente 114.537 toneladas de residuos sólidos, una cantidad que representa casi un 9 % en el aporte a toda Canarias. Es por esta razón que resulta de interés realizar un estudio de la situación actual del sistema de gestión utilizado hasta la fecha en esta isla.

La Palma tiene insularizada la recogida y el transporte de los residuos, a través del Consorcio de Servicios de La Palma, una entidad única en el archipiélago, al estar constituida por el Cabildo de La Palma y los catorce ayuntamientos de los municipios de la isla. Además, dispone de un Complejo Ambiental que cuenta con un vertedero controlado y es la única isla de Canarias que trata el 100 % de sus residuos municipales. Desde el año 2005 no se incineran residuos.

El sistema de depósito y recogida selectiva tiene lugar en los puntos limpios de la isla, donde van a parar todos los residuos especiales que no son recogidos en los contenedores.

La Palma cuenta con 4 puntos limpios en su territorio, los cuales están situados en los municipios de Puntallana, Breña Baja y Los Llanos de Aridane. Además la isla cuenta con un pequeño punto limpio en Tijarafe para cubrir las necesidades de la población del noroeste insular.

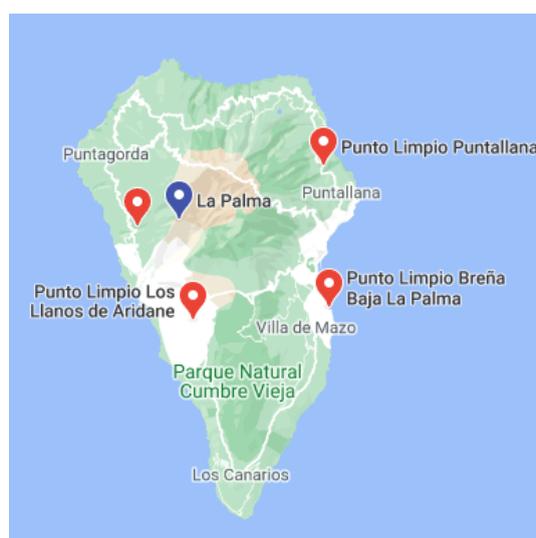


Fig. 13: Localización de los puntos limpios de La isla de La Palma.



Según la memoria anual de gestión de residuos del complejo ambiental de Los Morenos, en 2018, se ha generado el siguiente gráfico, para ilustrar la fracción representante de residuos de La Palma frente a los generados en Canarias en su totalidad.

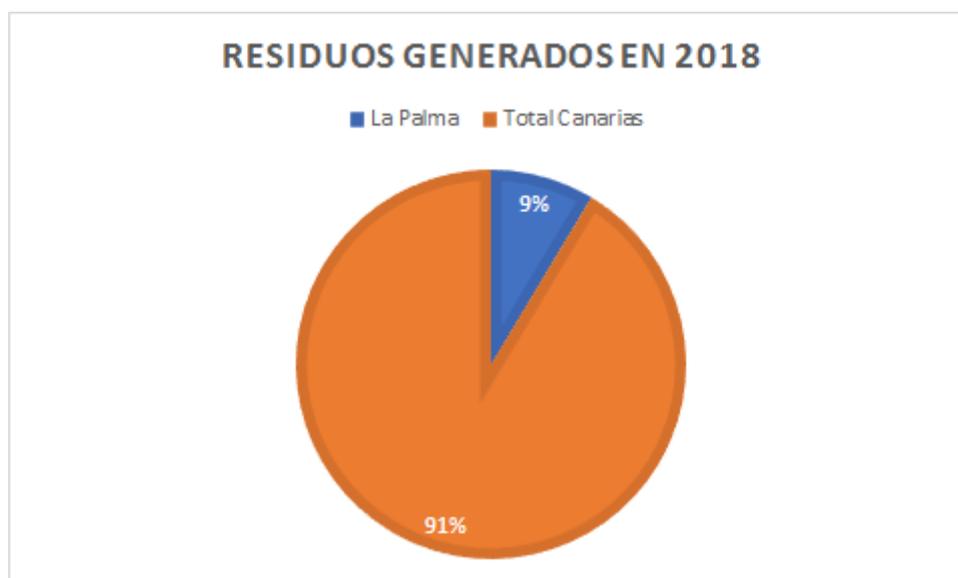


Fig. 14: Relación de residuos generados en La Palma frente a Canarias. Fuente: elaboración propia

Según la página web del consorcio de servicios de La Palma [9], en la gestión de los residuos en la Isla se pueden distinguir tres fases o épocas claramente diferenciadas y se relacionan básicamente con la gestión de los residuos sólidos urbanos y de los agrarios.

Estas tres fases o épocas son las siguientes:

- Época histórica (1492-1970)
- Época moderna (1971-1999)
- Época actual (2000 hasta hoy)



#### 4.1. ÉPOCA “HISTÓRICA” (1492-1970)

En una primera fase, la gestión fue la tradicional; los pobladores de las zonas rurales gestionaban por sí mismos los residuos y en los núcleos urbanos principales se implantaron recogidas municipales limitadas.

Cada municipio tenía su vertedero, generalmente en un fondo de barranco, cuya única gestión consistía en incendiarlos periódicamente. La sociedad palmera generaba pocos residuos dado su nivel de vida basado en la actividad agraria y la inexistencia de comercio o industria de volumen significativo. Además, se seguía la idea del “aprovechamiento” y se reutilizaban envases, textiles; Una versión primitiva (si se quiere) del movimiento actual del *zero waste*, en el que se intenta aprovechar al máximo cada elemento de los productos que se consumen.

El nivel de aprovechamiento de los residuos orgánicos era muy alto, especialmente en las zonas rurales (mayoritarias) mediante el autoconsumo para animales propios (gallinas y cerdos), con aprovechamiento de los estiércoles, existiendo incluso en los cascos urbanos existían sistemas de recogida selectiva (el “*barril del cochino*”).

El uso de los envases seguía esta misma idea. Al ser las ventas a granel mayoritariamente, no se utilizaban bolsas desechables sino cestos o sacos, y los envases se reutilizaban o, como las botellas de vidrio, se retornaban al embotellador.

En las zonas rurales existían vertederos privados, de escaso volumen, en terrenos propios, que se quemaban periódicamente sin impactos significativos sobre el medio ambiente.



## 4.2. ÉPOCA “MODERNA” (1971-1999)

En la década de 1970 se produce un importante cambio en cuanto a la generación de residuos en la isla; el incremento del nivel de vida supuso un importantísimo incremento de las importaciones de productos de todo tipo. Esto, unido a la introducción de la cultura del envase desechable, resultó en problemas para el modelo de gestión de residuos de esa etapa.

Los ayuntamientos ofertan un servicio público de recogida de residuos domiciliarios y todos disponen de un vertedero municipal. No se utilizan contenedores, por lo que el depósito se realiza directamente en las vías públicas. El volumen de residuos generados aumenta durante todo este período, produciendo en los vertederos municipales impactos ambientales importantes: visuales, olores, humos, etc.

A partir de 1980, se tomó la decisión de implementar un sistema de tratamiento de residuos mediante la incineración, con el objetivo de minimizar el volumen de vertidos, pudiendo así prescindir de los vertederos y su impacto. Se construye una planta incineradora en Mendo (municipio de El Paso) y se instalan 2 hornos incineradores, uno en Villa de Mazo y otro en Barlovento. Se pretendía llevar a estas instalaciones todos los residuos municipales (RSU) de la isla, incinerarlos y verter cantidades muy pequeñas de restos. Simultáneamente se procedió al cierre de los vertederos municipales, excepto los de Garafía, Puntagorda y Tijarafe.

El plan no funcionó como se esperaba, ya que los equipos y la tecnología utilizados no eran los adecuados. Los Hornos Incineradores no transformaban adecuadamente los residuos sólidos, generando volúmenes de vertido mucho mayores a los previstos. Como añadido, la planta de incineración tenía grandes problemas de capacidad, al no poder absorber los volúmenes de residuos recolectados. Por otro lado, sus elevados costes fijos de mantenimiento y la legislación europea sobre filtros llevaron inevitablemente a su cierre.

En el año 1995 el Cabildo Insular de La Palma encargó la redacción del Plan Integral de Residuos de La Palma. Los puntos principales del Plan eran la reducción en la generación de residuos, la reutilización de los residuos valorizables y su reciclado. Las instalaciones básicas estudiadas para el plan fueron 3 Plantas de Compostaje, 2 Estaciones de Transferencia, 1 Vertedero de rechazos, 1 Planta de Clasificación, 3 Puntos Limpios y 1 Planta de Incineración, distribuidas por toda la extensión de la isla.

La Viceconsejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias confecciona la Declaración de Impacto Ambiental del Plan Integral de Residuos de La Palma, valorando de manera desfavorable dicho documento, por falta de informes técnicos que justificaran los principales cambios implementados, así como la carencia de una propuesta económica estimada.



### 4.3. ÉPOCA ACTUAL (2000 HASTA HOY)

En junio de 1999, el Plan Integral de Residuos había quedado bloqueado por el informe negativo de la Declaración de Impacto Ambiental de la Viceconsejería de Medio Ambiente. Los hornos incineradores existentes en Mazo y Barlovento habían sido denunciados por la Comisión Europea como inadecuados y no conformes a la legislación, y gran parte de los residuos tratados en la isla eran vertidos sin incinerar total o parcialmente.

Aparecen así importantes modificaciones en la legislación del ámbito regional, estatal y europeo que fuerzan a adaptar el Plan diseñado para adecuarlo a las nuevas normativas de obligado cumplimiento.

El nuevo marco legal que realiza modificaciones en la gestión de los residuos está conformado fundamentalmente por la Directiva 99/31 de la Comunidad Europea relativa al vertido de los residuos, la Directiva 94/37 relativa a envases y residuos de envases, la Ley española 11/ 97 de Envases y Residuos de Envases y su Reglamento, la Ley nacional 10/1998 de Residuos y suelos contaminados y la Ley 1/99 de Residuos de Canarias.

Se llevan a cabo mejoras como la implantación de la recogida selectiva de residuos para el conjunto de los municipios de la isla, producción de compost de alta calidad para su uso en la agricultura, evitando gestionar la materia orgánica en los vertederos, erradicando así el vertido incontrolado de residuos de todo tipo y la eliminación de la incineración como sistema de tratamiento final de los residuos.

Se propone como estrategia básica para el futuro sistema de gestión de residuos la insularización de la gestión global, esperando así reducir costes, optimizar los recursos y poder ofrecer un servicio uniforme en toda la isla. Se define el Consorcio de Servicios como un ente público que debe asumir la gestión de servicios públicos a nivel insular, de manera conjunta, actuando en todos los municipios de la isla, estando representados en dicho Consorcio todos los ayuntamientos de la isla y el Cabildo Insular. La primera tarea que se plantea para el Consorcio es la gestión de todos los residuos insulares.



De forma paralela a la implementación de estas estrategias, se realizan las siguientes acciones:

- Hornos Incineradores de Villa de Mazo y Tijarafe: Se clausuran desde el año 1998 y se procede a su demolición en 2003.
- Vertedero Insular de Barranco Seco: En 1997 se procede al traslado de los residuos a una cota más alta, separándolos de la costa evitando así el peligro de un posible derrumbamiento.
- Planta Incineradora de Mendo: sus incorrectos resultados y altos costes determinaron su cierre definitivo en el año 2007.
- Recogida Selectiva de Vehículos Fuera de Uso (VFU): los Ayuntamientos y el Cabildo proponen acciones de acopio, posterior prensado y exportación de los residuos derivados de dichos vehículos. Actualmente existen en la isla instalaciones de gestión privada para la descontaminación de los vehículos.
- Recogida Selectiva de Papel y Cartón: el Cabildo implanta su recogida en contenedores azules en la vía pública en el año 2005.
- Recogida Selectiva de Envases: el Cabildo implanta su recogida en contenedores amarillos en la vía pública en el año 2007.
- Implantación de contenedores: el Cabildo adquiere 2.500 contenedores en el año 2003, los cuales se distribuyen equitativamente entre los municipios.
- Inicio de la recogida domiciliaria por parte del consorcio, como se aprecia en la siguiente tabla:

Año	Municipios
2005	Puntallana y San Andrés y Sauces
2007	Tzacorte, Garafía y Villa de Mazo
2008	El Paso
2009	Puntagorda
2010	Fuencaliente



- Recogida de Aceite Vegetal usado: se inicia la recogida de este producto en 2007 a causa del abandono de esta actividad por falta de rentabilidad para las empresas privadas.
- Transporte de residuos domiciliarios con auto-compactadores: en el 2008 inicia el traslado de los residuos municipales de Tijarafe a Barranco Seco, clausurando el vertedero municipal de dicho municipio.
- Planta de Transferencia del Callejón de La Gata (Los Llanos de Aridane): cedida por el Cabildo al Consorcio, inicia su actividad en el 2008, recogiendo y trasladando los residuos de Tazacorte y El Paso a Barranco Seco y clausurando los puntos de transferencia utilizados por esos municipios.
- Los puntos limpios suponen una importante mejora en la gestión de los residuos como lugares de aportación voluntaria de residuos separados por parte de los particulares. Actualmente se encuentran operativos los puntos limpios de Tijarafe, Los Llanos de Aridane, Breña Baja y Puntallana.

Además, el 1 de julio del 2012 se procedió al cierre del vertedero de Barranco Seco, de acuerdo con las medidas de seguridad y vigilancia contempladas en la legislación.

La Ley Canaria de Residuos 1/1999, de 29 de enero, establece en su artículo 26.4 la obligatoriedad de que todos los Cabildos Insulares dispongan en cada isla de un área suficientemente extensa denominada Complejo Ambiental de Residuos, destinada a labores de gestión de los mismos. Debe estar adecuadamente equipada en función de las necesidades insulares, con los equipamientos mínimos que se requieran para el tratamiento de los residuos que en cada caso correspondan. Asimismo, en dicha Ley en el artículo 26.5 se establece la obligación de todos los cabildos insulares de disponer de un área denominada vertedero, integrada en el Complejo Ambiental, adecuadamente equipada para el almacenamiento de aquellos residuos que, técnica o ambientalmente así lo requieran.

A partir del 1 de julio del 2012, la totalidad de los residuos de la isla, salvo los peligrosos y otros no admisibles según la Autorización Ambiental Integrada, se transportan al Complejo Ambiental Insular de Los Morenos, en la Villa de Mazo. Allí se separan y clasifican, procediendo al compostaje de la materia orgánica y al embalaje y prensado de las fracciones reciclables para enviarlas fuera de la isla. La fracción no reciclable se deposita en el vaso de vertido, que es parte del Complejo, cumpliendo todas las exigencias técnicas y legales.

Como se ha mostrado, los residuos en la isla de La Palma se gestionan desde el punto de vista del almacenamiento y transporte a otros territorios en los que se completa el ciclo de reciclado y separación correspondientes. Posteriormente en este trabajo se abordará la propuesta de varias mejoras y actividades complementarias que resultan de interés para el sistema de gestión existente en La Palma para los RAEE.



## 5. Comparación con otros modelos de gestión

A continuación se realizará una comparativa entre varios países que se consideran ejemplos de buenas prácticas en sus sistemas de gestión de residuos sólidos.

En la gráfica siguiente pueden observarse algunos de los países ejemplo de correcta gestión, ordenados por orden decreciente utilizando como criterio la generación de residuos sólidos.

### Generación de residuos urbanos por habitante

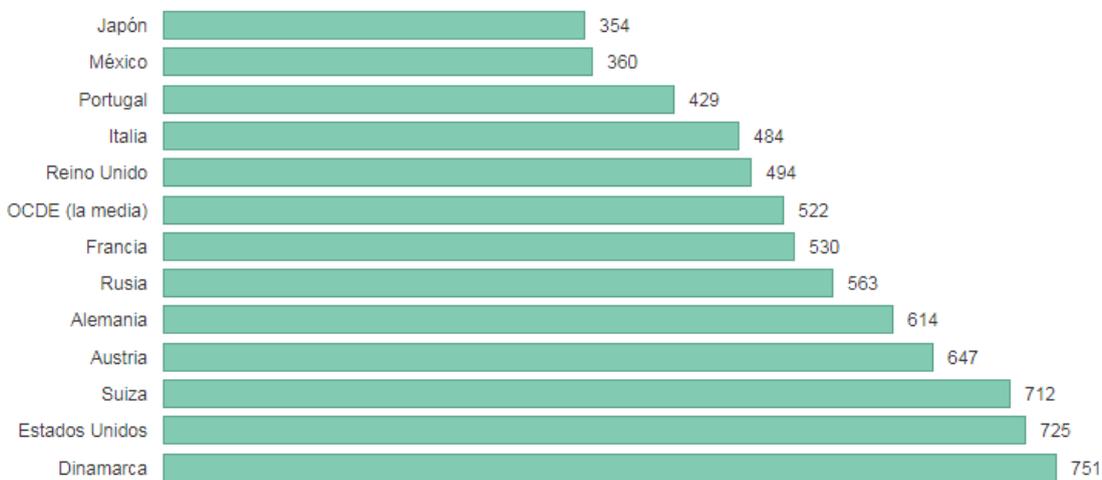


Fig. 15 Generación de residuos urbanos por habitante Fuente: OCDE, 'Municipal Waste' (2015)

Cabe destacar que para el caso de la isla de La Palma, estos números de generación de residuos urbanos por habitante son comparables a los de Japón, según los siguientes datos, extraídos de la web del Consorcio de Servicios de La Palma: [9]

#### KILOS/HABITANTE/AÑO

	2020	Incr.%	2019	Incr.%	2018	Incr.%	2017	Incr.%	2016	Incr.%	2015	Incr.%	2014
BARLOVENTO	310	0,6	309	1,6	304	1,2	300	3,9	289	2,0	283	6,8	265
BREÑA ALTA	292	-5,1	308	-3,8	320	-0,6	322	4,4	309	5,4	293	2,3	286
BREÑA BAJA	403	-6,5	431	-6,1	458	-0,7	462	2,6	450	4,0	432	5,9	408
EL PASO	334	-3,7	347	-3,0	358	-2,0	365	4,8	349	3,6	336	2,3	329
FUENCALIENTE	465	-20,5	585	0,2	584	1,6	574	-0,9	579	3,8	558	0,1	558
GARAÍA	271	-2,4	277	-4,7	291	-0,5	293	7,6	272	5,3	258	4,3	248
LOS LLANOS	339	-4,9	356	-2,9	367	-0,7	370	3,5	357	3,2	346	0,7	344
MAZO	289	-4,7	304	-3,9	316	0,3	315	4,6	301	5,3	286	4,9	273
PUNTAGORDA	230	-3,5	238	-1,0	240	-1,1	243	5,5	230	0,6	229	-4,4	239
PUNTALLANA	247	1,6	243	2,1	238	-4,2	249	3,3	241	-0,4	242	0,7	240
S/C DE LA PALMA	336	-3,8	349	4,2	335	3,1	324	0,2	324	-5,4	342	2,7	334
S. A. Y SAUCES	402	2,2	393	2,1	385	1,5	379	3,4	367	3,0	356	4,5	341
TAZACORTE	367	-4,8	385	-0,3	387	1,0	383	5,0	365	6,5	342	4,3	329
TIJARAFE	299	2,5	291	-2,3	298	2,2	292	2,0	286	5,3	272	13,3	240
	334	-4,4	349	-1,3	353	0,2	353	3,1	342	2,0	335	2,8	326

Fig 16. Generación de residuos urbanos por habitante en la isla de La Palma en los últimos años.



Para la comparación se han elegido los modelos de gestión de Suiza y la isla de Wight respecto a España en general y Canarias en particular.

### 5.1. Suiza:

Suiza se coloca entre los países más avanzados en materia de recuperación de desechos. Con una tasa de reciclaje de más del 50 %, su sistema se diferencia enormemente del que existe en Canarias.

Existen diferentes tipos de contenedores para los distintos colores del vidrio, para el aluminio, baterías, plásticos, etc. Los residuos se recogen un día a la semana y a una hora concreta y el cartón, por ejemplo, una vez al mes.

Se lleva a cabo una rigurosa planificación con horarios determinados para la recogida de cada tipo de residuo.

El proceso de reciclaje para un ciudadano cualquiera es el siguiente: [10]

Para residuos en general, se adquieren en los supermercados unas bolsas grises identificadas con una etiqueta característica, que cuestan como mínimo un euro. Así que funciona mediante pago por generación, lo cual supone un fuerte incentivo económico.

Estas bolsas tienen un volumen de recogida de residuos de 17, 35 y 60 litros. Una vez a la semana (a veces dos) el camión destinado a la recogida pasa por delante de estas bolsas, que el ciudadano se encarga de depositar a la hora exacta y en el día exacto en la acera de la calle por la que circula el vehículo. Si el personal de recolección determina que no está en la bolsa gris o en una bolsa diferente, no lo recogerá. Para la recogida selectiva del cartón y el papel se reserva otro día, normalmente una vez al mes o dos meses. Hasta el día de su recogida, los residuos correspondientes a esta fracción se almacenan en el interior de las casas.

Las baterías, plásticos, acero y vidrio, también se recogen selectivamente. En los supermercados pueden depositarse estos envases y botellas (sistema SDDR), y también en contenedores destinados para estos residuos que se localizan en algunos puntos de cada pueblo o ciudad.

Las botellas de PET, y los envases de bebidas como latas son las más comunes en Suiza, y el 80 % de ellos son reciclados.

Así pues, más del 50 % de los desechos urbanos son tratados y el resto termina en los 29 centros de incineración que existen. Aquí, no solo se queman los residuos sólidos generados en Suiza, sino también los de algunos países limítrofes. Los contenedores son bastante similares a los de España, aunque hay mayor cantidad debido al mayor uso que se hace de ellos. Merece destacar, por ejemplo, los contenedores destinados a restos de jardinería, o los diferentes contenedores que hay para vidrio, dependiendo del color del mismo (blanco, verde o marrón).



Cabe resaltar los espacios que se destinan en los supermercados para reciclar. Esto ayuda mucho a la ya mencionada correcta recogida y gestión, ya que los ciudadanos siempre tienen la posibilidad de desprenderse de botellas de plástico, vidrio, baterías, etc, en estos lugares.

Como medida complementaria de todo este sistema de gestión, son numerosas las campañas publicitarias sobre residuos que se pueden ver tanto en televisión, prensa, como en las calles, con multitud de carteles informativos que conciencian al ciudadano de la necesidad y de los beneficios de la correcta recogida selectiva.

Además, las autoridades de la capital suiza imponen sanciones que van desde los 40 a 300 francos para los menos cuidadosos en colocar los residuos sólidos en su lugar.

Con respecto a los RAEE, existe en Suiza el convenio SWICO/SENS. Es el estándar oficial de Suiza y entró en vigor el 8 de diciembre de 2009. Aunque fue creado por iniciativa del sector privado, se declaró por el Ministerio de Medio Ambiente de Suiza como estado de arte y como tal es de obligado cumplimiento para las empresas de reciclaje de RAEE que operan en Suiza. El estándar complementa y detalla el marco legal existente y consta de dos partes: las directivas técnicas generales y las directivas específicas para seis tipos diferentes de aparatos.

Según la web de Swico Recycling: [11]

*“Swico Recycling es un sistema voluntario y cooperativo de recogida de residuos de equipos. Desde 1994, gestionan los fabricantes e importadores suizos de los sectores de la informática, los equipos de oficina, la electrónica de consumo y la fotografía.”*

Swico Recycling se encarga de la gestión de los RAEE en Suiza. Dicha gestión incluye la neutralización de contaminantes, la recuperación de sustancias altamente valorizables y el cierre de los ciclos de materiales. A través de su gran presencia en el mercado, Swico Recycling ha integrado más del 90 % de los productos comprados en Suiza en el sistema, lo que genera ventajas de costos y una mayor eficiencia en comparación con las soluciones individuales de fabricantes e importadores. Este estándar ofrece las mismas condiciones a diferentes competidores, ya que los fabricantes e importadores pagan una CRA (Contribución de reciclaje anticipada) idéntica por productos similares independientemente de su participación en el mercado.



Como sistema de recogida, Swico Recycling trabaja en estrecha colaboración con minoristas, puntos de recogida públicos y privados, empresas de logística y reciclaje, asociaciones medioambientales y auditores. Swico Recycling financia una red de alrededor de 7.000 puntos de recogida en toda Suiza, lo que reduce significativamente el esfuerzo y las distancias para quienes devuelven espontáneamente sus viejos electrodomésticos. Esto facilita que el consumidor respete el medio ambiente.

Cada año, Swico Recycling garantiza la correcta eliminación de más de 50.000 toneladas de equipos desechados sin embalar. Como resultado, alrededor de 30 millones de francos terminan en centros de recolección, empresas de transporte, plantas de desmantelamiento, empresas de reciclaje y expertos en inspección en Suiza cada año.

Los equipos eléctricos y electrónicos están hechos de materiales altamente valorizables, como ya hemos reiterado anteriormente en esta memoria. Por esta razón, en Suiza se aplica un impuesto anticipado al reciclaje (CRA) sobre los nuevos dispositivos electrónicos y eléctricos desde 1994. Este impuesto se utiliza para el reciclaje adecuado de equipos, el reciclaje de materiales y la eliminación adecuada de materiales no reutilizables y sustancias nocivas.

Figure 1: Development of the volumes of appliances processed in Switzerland in tonnes.

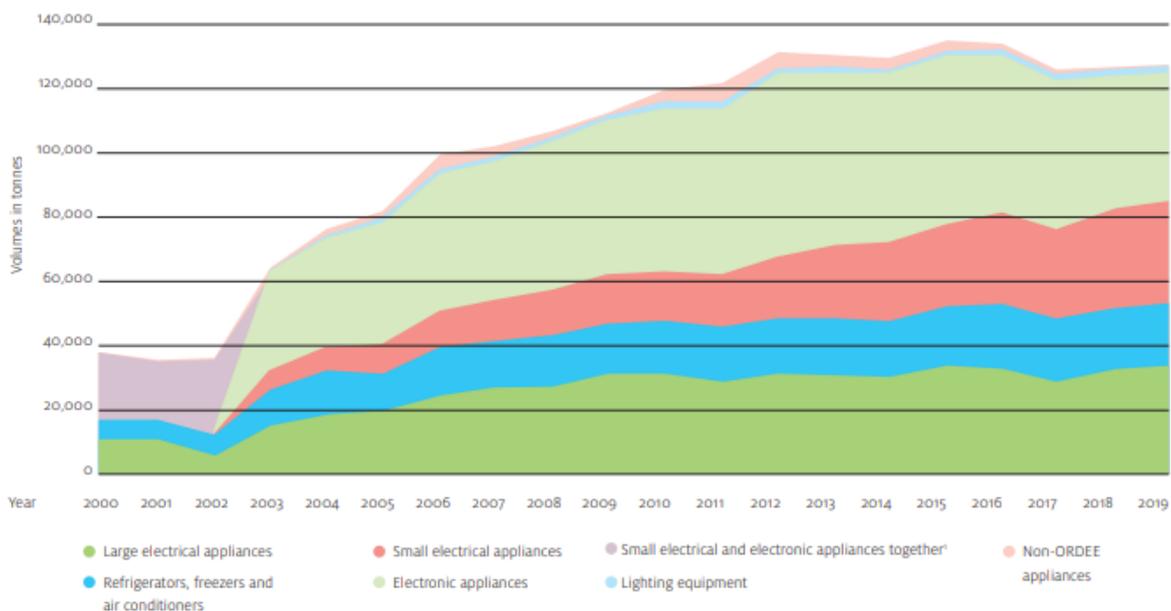


Fig. 17 RAEE Procesados en Suiza por la gestión de Swico/Sens, anualmente.



## 5.2. España:

En España existe un sistema de gestión de residuos que incluye al reciclaje como actividad complementaria y necesaria para que la recogida selectiva sea efectiva.[12]

A lo largo de los últimos años, el uso de métodos alternativos se ha hecho cada vez más popular, pero el continuo incremento de la generación de residuos supone que, a pesar de ello, el vertido no haya disminuido. Como se puede apreciar en la Figura 18, el método de tratamiento más utilizado es el vertido (naranja), seguido por el reciclaje (azul), y minoritariamente la incineración (marrón) siendo Andalucía, Madrid, Comunidad Valenciana y Canarias las regiones que más lo emplean, seguido del compostaje y del reciclaje.

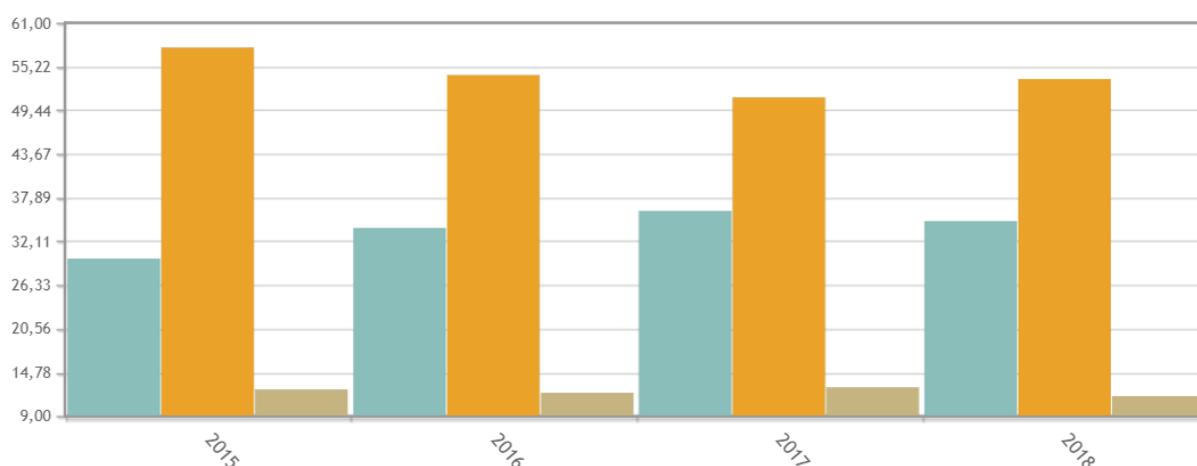


Fig. 18: Sistemas de tratamiento empleados para los residuos municipales en España (%) años 2015-2018

Una fracción minoritaria es sometida a incineración (8,6 %), cifra que se aleja de la media europea. Las regiones que mayores cantidades de residuos incineran son Cataluña, Galicia, Baleares y Madrid (Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2010). El porcentaje de residuos depositados en vertedero en España con respecto a la media comunitaria es considerablemente mayor. En España dos tercios de los residuos biodegradables terminan en el vertedero.

La recogida selectiva de la fracción de papel/cartón es una práctica habitual en los municipios españoles, pero no es frecuente la recogida de forma diferenciada del resto de fracciones que componen los residuos biodegradables (textiles, madera y fracción orgánica).



Sin embargo, prácticamente no existen impuestos sobre los vertederos en España, una herramienta que puede resultar eficaz para disminuir la cantidad de residuos que se vierten. Únicamente la Comunidad Autónoma de Cataluña aplica un impuesto a los propietarios de vertederos por la eliminación de residuos municipales y similares desde 2004. La recogida recuperada está destinada a un fondo de gestión de residuos, que se utiliza para priorizar sistemas de tratamiento alternativos, financiar el tratamiento de la fracción orgánica recogida selectivamente y realizar campañas de sensibilización medioambiental.

En España no está prohibido el vertido de materiales orgánicos, reciclables o combustibles. A diferencia de los países europeos más avanzados, la implementación de las directivas europeas en la legislación española se limitó a cumplir con los requisitos mínimos.

En relación a los sistemas de recogida selectiva impuestos sobre el conjunto de ciudadanos, en España el importe de las tasas por uso de los servicios de recogida, eliminación, transporte y de residuos sólidos, se determina en general en función del coste efectivo del servicio prestado y no está contemplado como un método incentivador de conductas que contribuyan a la conservación del medio ambiente. De hecho, la utilización de los sistemas de pago por generación es estadísticamente minoritaria.

La primera implementación de un sistema que utiliza el pago por bolsa se puso en marcha en 2003 en el municipio de Torrelles de Llobregat, de la provincia de Barcelona. También en el ayuntamiento barcelonés de Molins de Rei está en vigor un sistema de pago por contenedor para los residuos comerciales, en donde cada gran generador tiene un cubo para materia orgánica y otro para inorgánica. El exiguu uso de estos sistemas es debido a la baja efectividad de la recogida selectiva ya que la separación en origen está todavía en estado embrionario y a la poca experiencia en el campo de la imposición medioambiental.

Por otro lado, la tasa que pagan los ciudadanos por la gestión y recogida de los residuos es inferior en relación a la mayoría de países europeos, ya que supone aproximadamente un tercio de lo que se paga en países como Suiza, Alemania, Dinamarca y Países Bajos. De esta forma, el sistema de tasación actual no contribuye a disminuir el déficit generado en la prestación del servicio municipal de gestión de los residuos. [12]

En España los sistemas integrados de gestión (SIG) se crean para reducir la diferencia de coste entre el sistema ordinario de recogida, transporte y tratamiento de las distintas fracciones de residuos, compensando a las entidades locales que participan en ellos por los costes adicionales a los que deben hacer frente dichas entidades, por medio de los fondos obtenidos de las empresas adheridas al SIG.

Además de proporcionar asesoramiento técnico, las asociaciones que integran los SIG son las responsables de forma directa de la gestión integral del proceso de reciclado, en el que se incluye la recogida, transporte, clasificación y envío de los residuos a los gestores autorizados.



Se puede concluir, por tanto, que salvo en el uso de los SIG creados para actuar como apoyo a los grandes organismos generadores, las diferencias en la gestión de residuos y en el grado de aplicación de las medidas son importantes entre España y los países más avanzados en este campo.

En España, la gestión correcta de los residuos de tipo municipal es una cuestión cada vez más importante, debido al crecimiento del volumen de generación y de su impacto medioambiental. Los principales organismos responsables de la gestión de residuos deben trabajar de forma conjunta para controlar esta tendencia optimizando dicha gestión.

Una de las formas posibles para esto es la implementación de políticas públicas por parte de las autoridades, con el objetivo de maximizar el desvío de residuos de vertedero. Las políticas desarrolladas en los países comunitarios más avanzados en la gestión –Dinamarca, Suecia, Países Bajos, Bélgica, Alemania y Austria– evidencian que la aplicación conjunta de una serie de mejoras y de buenas prácticas tienen como consecuencia unos índices de reciclado y recuperación material muy cercanos o incluso mayores que los marcados por la Unión Europea, por lo que pueden servir como guía para el diseño de las mejoras de las herramientas de gestión en España.



### 5.3. Isla de Wight:

La isla de Wight es la mayor del Reino Unido y está localizada en el canal de la Mancha, en la costa sur frente a Southampton. Tiene una extensión de 380 km<sup>2</sup> y una población de 141.538 habitantes en 2019, siendo la densidad poblacional de 372,5 habitantes por km<sup>2</sup>.

A modo de referencia, la isla de La Palma, tiene una población de 81.350 habitantes y una densidad de población de 116 habitantes por km<sup>2</sup>, siendo su superficie 708 km<sup>2</sup>. Por esta razón son territorios similares para realizar una comparación.

La gestión de residuos domésticos en la isla de Wight se caracteriza por un sistema de recogida puerta a puerta (*kerbside*), con unos resultados superiores a la media nacional y a los objetivos estratégicos marcados por el gobierno y las autoridades locales.

Desde 1997 la empresa IWS (*Island Waste Services*) lleva a cabo la recogida y tratamiento de residuos domésticos a la totalidad de la población de la isla de Wight, lo que supone más de 67.000 hogares. La recogida de residuos se divide en dos fracciones principales: la de materiales reciclables (residuos orgánicos, papel, vidrio y textiles) y la fracción resto. Ambas fracciones siguen calendarios establecidos de recogida, siguiendo el modelo puerta a puerta, similarmente al modelo descrito para Suiza.

La recogida separada de resto y materia orgánica se empezó a realizar a partir de abril de 2010. La fracción resto se recoge semanalmente, así como la materia orgánica, mientras que los restantes materiales reciclables (papel, vidrio y textiles) son recogidos quincenalmente. [13]

La recogida de los residuos voluminosos, como neveras y congeladores, requiere el pago previo de una tasa. Los residuos generados en los domicilios se pueden entregar también en los tres puntos limpios disponibles en la isla, en los que se puede depositar todo tipo de residuos (voluminosos, fracción vegetal, RAEE, residuos especiales, etc.). También existen 89 centros públicos de recogida selectiva (aproximadamente uno por núcleo de población), los cuales son pequeñas instalaciones donde se recoge alguna de las siguientes fracciones: ropa y textiles, vidrio, latas de aluminio y libros.

En cuanto a la recogida de los residuos comerciales e industriales, esta se lleva a cabo exclusivamente por agentes privados.

Todas las fracciones recogidas se envían a un centro de recuperación de materiales (*Resource recovery facility*) situado en la capital, Newport. Las fracciones correspondientes al papel, vidrio, textiles y latas de aluminio son agrupadas y enviadas directamente al continente para su correcta gestión posterior, dado que la isla de Wight no dispone de ninguna instalación de reciclaje.

En la isla de Wight se generaron 83.638 toneladas de residuos domésticos en 2009, datos comparables a los de la isla de La Palma. Estimando que estos representan el 36 % del total de residuos generados (el resto corresponde a residuos comerciales e industriales), el total de residuos generados en 2009 asciende a 232.328 toneladas. Esto corresponde a una



media de 1,65 kg/hab/día de residuos domésticos (la media del Reino Unido en 2008 era de 1,39 kg/hab/día. Del total de residuos domésticos generados en 2009 en la isla de Wight, un 13 % fue reciclado, un 18 % compostado, un 6 % incinerado y un 63 % fue depositado en vertedero. A partir de 2010 se observó un incremento del porcentaje destinado a compostaje e incineración, debido a la implantación de la recogida selectiva de la fracción orgánica y a las mejoras realizadas en la incineradora disponible en la isla.

Como le sucede a la isla de La Palma, se observa que las características geográficas de Wight, como su insularidad y su densidad de población, hacen de ella un ejemplo para la comparación con las islas Canarias. Si bien en Wight se hace bastante énfasis en el sistema de recogida puerta a puerta, análogamente a La Palma, ninguna dispone de un proceso integral de gestión de residuos, y su sistema de gestión se basa en el acopio, posterior a la correcta recogida selectiva. Una vez se realizan las labores de separado y almacenamiento, en ambos territorios insulares, los materiales no gestionados al completo se transportan a la capital, o a situaciones geográficas más desarrolladas tecnológicamente, como puede ser Newport para Wight o Tenerife y la Península para La Palma.

Concluimos, por lo tanto, que si bien pueden existir sistemas de gestión completa en territorios insulares, comúnmente estos se centran en procesos de separación y acopio, para una subsiguiente gestión de estas fracciones (normalmente residuos altamente valorizables) en territorios capitalinos.



#### 5.4. Conclusiones comparación.

Se pueden exponer una serie de conclusiones a partir del análisis de los casos particulares mostrados de España y Europa. La evolución de la gestión de residuos en el territorio nacional es de carácter positivo en general. Entre otros aspectos, ha disminuido de forma importante el vertido ilegal, y se han establecido normativas más restrictivas en relación al vertido de residuos, unido a la mejora de las infraestructuras de la recogida selectiva y posterior reciclaje. Sin embargo, es necesario seguir avanzando, ya que un gran porcentaje de los residuos sigue siendo depositado en vertederos. Esto, sumado al continuo crecimiento en la tasa de generación de los mismos, muestra la necesidad de implementar medidas urgentes para controlar y estabilizar las tendencias actualmente dominantes en la generación y la gestión integral de los residuos. [12]

El consumo derivado del crecimiento económico es uno de los principales motores de producción y generación de residuos, por lo que una de las formas más claras de controlarlo es modificar el modelo actual. Esto requiere un cambio radical en la política industrial por parte de las autoridades, para evitar el crecimiento del consumo descontrolado con el paso de los años.

Otro dato que se observa en el análisis de la política de gestión de residuos en España es la no homogeneidad entre la jerarquía de gestión de residuos recomendada a nivel municipal y el sistema de gestión de residuos desarrollado en la práctica. Aunque el uso de métodos alternativos, como puede ser la implementación del compostaje (para la fracción orgánica), es fundamental para lograr los índices marcados correspondientes de las fracciones biodegradables propuestos a nivel comunitario, el vertido se mantiene como la práctica predominante. Hay que tener presente que la mejora en la correcta gestión de los residuos pasa por la correspondiente inversión económica. La realidad es que los presupuestos asignados actualmente a la gestión de residuos por la administración española tienden a no ser suficientes para alcanzar los objetivos establecidos a nivel comunitario.

Por lo cual, se puede deducir que la estrategia de gestión óptima debe basarse en la aplicación de diferentes medidas, cuyo principal objetivo debe ser integrar la prevención en la generación utilizando la combinación de los diferentes métodos de tratamiento, apoyados en los siguientes principios básicos: la relevancia de la prevención y la formación de la población que permita un enfoque integral sostenible, basado en la corresponsabilidad, con una participación mayoritaria de la población.



## 6. Estudio de alternativas

Con la información presentada en esta memoria, cabe la posibilidad de proponer un modelo de gestión que sustituya parcial o completamente al sistema que se encuentra actualmente en la isla de La Palma.

Para la propuesta de este modelo, podemos observar unas gráficas cuyos datos provienen de encuestas realizadas a la población de la isla de Tenerife en 2019, al ser estos los más cercanos disponibles relativos a los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. [14]

Se hará un supuesto de aproximación del Norte de Tenerife con la isla de La Palma, por disponer de condiciones similares en cuanto a población, orografía y generación de RAEE.

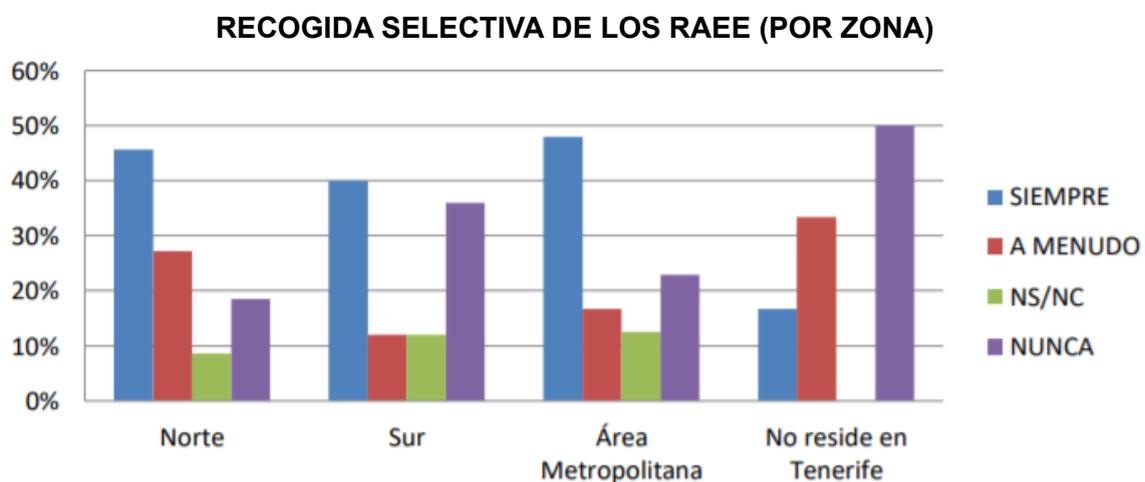


Fig.19: Representación de la recogida selectiva de los RAEE en Tenerife.

La mayoría de las personas encuestadas contribuye a la correcta gestión de los RAEE. En la mayor parte de los casos que se transportan al punto limpio se hace siempre, pero cabe destacar que en la zona sur hay un alto porcentaje que no contribuye nunca con este tipo de residuos, a pesar de que haya varios puntos limpios por toda la isla. Una vez se observa que más o menos existe el mismo patrón sobre la recogida selectiva por ayuntamientos, quizá es más interesante analizar por qué no se hace y si podemos establecer una relación causal entre contribución correcta a la recogida y lugar de residencia. Nuevamente se expone este análisis por tipo de residuos y zona, escogiendo sólo aquellos municipios en los que haya respuestas de que no se lleven a cabo estas contribuciones.



## RAZONES POR LAS QUE NO SE CONTRIBUYE A LA RECOGIDA SELECTIVA DE RAEE (POR ZONAS)

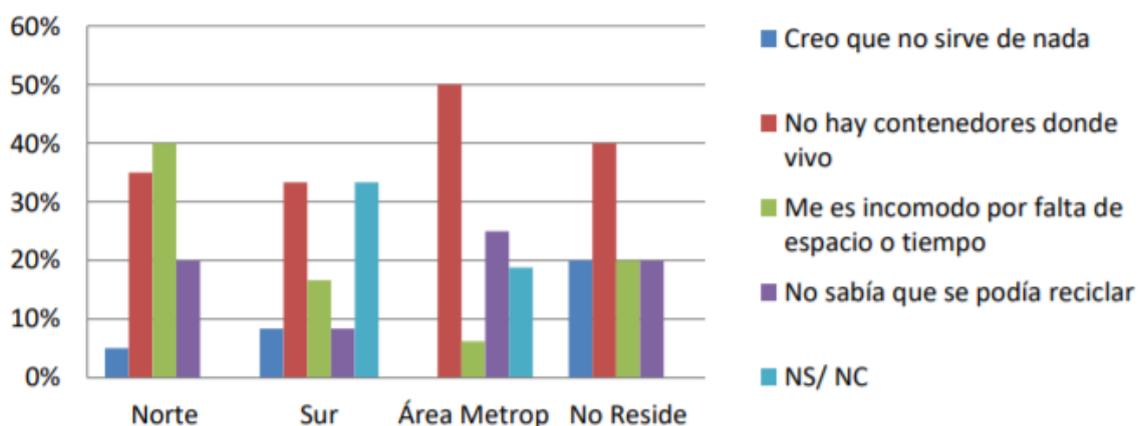


Fig. 20: Representación de las razones por las que no se contribuye a la recogida selectiva (por zonas)

Las razones por las cuales no se contribuye a la recogida selectiva son diversas. El hecho de no disponer en las cercanías de contenedores de este tipo de residuos puede ser una causa directa, dando cuenta de la incomodidad o falta de tiempo para depositar los mismos. Parece evidente que si pretendemos gestionar un ordenador, televisor, teléfono móvil, etc., su almacenamiento temporal ocupa mayor espacio que cualquier otro residuo de tipo domiciliario que podamos generar.

A continuación se presentan una serie de propuestas que tienen como fin mejorar el sistema de gestión de RAEE en la isla de La Palma.

En relación a la gestión de residuos en general y RAEE en particular, la recogida se canaliza en la Palma a través de los Puntos Limpios. Existe un convenio con los principales gestores de este tipo de residuos (Asimelec, Ecotec, etc.) por el cual el Cabildo dispone de 4 puntos limpios para que los particulares aporten sus RAEE de origen doméstico.



## 6.1. Propuesta 1: Sistema de recogida Puerta a Puerta (PaP)

Tal como figura en la web del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: [15] *“La recogida separada puerta a puerta (PaP) consiste en entregar los residuos al servicio municipal de recogida delante de la puerta de la vivienda o comercio (en bolsas, pequeños contenedores-normalmente para la fracción orgánica - o a granel- para el papel y cartón en cajas o fardos), según un calendario semanal para cada fracción recogida y en un horario estipulado.*

*Mediante este sistema se pueden recoger todas las fracciones tanto domésticas como comerciales. El sistema, como mínimo, debe recoger puerta a puerta el Resto y la FORS domiciliaria (Fracción Orgánica de Recogida Separada). Los residuos de envases de vidrio domiciliario es la única fracción que se suele mantener en el sistema de contenedores. Este sistema PaP es muy utilizado para las recogidas específicas comerciales ya que se consigue una gran calidad y cantidad del material y evitando problemas de desbordamiento o necesidad de gran capacidad de recepción de los contenedores de vía pública domiciliarios.”*

En el sistema puerta a puerta, la recogida de las diferentes fracciones de los residuos tienen lugar en días específicos para cada una de ellas, realizándose preferentemente en la puerta de los edificios de viviendas, lo que resulta en la posibilidad de suprimir los contenedores de rechazo y en la mayoría de casos también de otras fracciones. Los residuos que no se entreguen de forma correcta, no son recogidos para así facilitar al máximo la separación en origen, minimizando y rechazando la no participación por parte de los usuarios. El sistema supone también un aumento en el aprovechamiento del espacio público y, del mismo modo, contribuye a la limpieza de las calles.

Por lo tanto, la recogida puerta a puerta puede significar unos niveles de participación muy elevados y unos resultados cuantitativos y cualitativos muy importantes con porcentajes de material separado para su reciclaje de los residuos sólidos municipales de entre el 60 y 80% en lugares donde su uso está muy extendido como en la comunidad de Catalunya.

En lo referente al punto de vista de la economía, se demuestra que la recogida puerta a puerta no supone más costes que un sistema equivalente de recogida selectiva realizada con contenedores para las distintas fracciones de residuos en la vía pública. De hecho, podría tener menos gasto si se realiza un ajuste al alza de los precios de los tratamientos finales, como el depósito en vertederos y la incineración. En Italia, por ejemplo, el precio de la incineración es de 120 euros/Tm y el del depósito en vertedero de 90 euros/Tm, variando según las regiones, mientras que en España el precio para el vertido oscila entre 48 y 60 euros. [16]

Se observa que la recogida selectiva de las diferentes fracciones por medio de contenedores en la vía pública, en el escenario más optimista, puede llegar a un 40 % de residuos depositados de forma correcta, situándose la media en un 25 %. Cabe destacar la característica de voluntariedad de este sistema, por lo que se necesita invertir además en campañas de difusión, publicidad y concienciación ambiental para reforzarlo.



Para la correcta implementación del sistema de recogida puerta a puerta es necesaria la colaboración estrecha de las entidades municipales locales y de la población de estas zonas. Para ello debe empezarse por efectuar reuniones específicas para conseguir un alto índice de participación ciudadana. Entonces, debe acordarse en los núcleos de edificación vertical, que sus habitantes escojan si desean utilizar contenedores individuales o, en cambio, colectivos. En el caso de los últimos, debe designarse como responsable a una persona para sacarlos a la calle en el horario predeterminado, persona cuyo cargo irá rotando entre los propietarios.

En la mayoría de municipios en los que se utiliza este sistema, la recogida se realiza de forma nocturna, entre las 20 y 22 horas. Es de interés resaltar que los contenedores, tanto individuales como colectivos, incorporan dispositivos mecánicos que evitan su apertura por parte de los animales de las calles, para garantizar la integridad de los residuos y reducir al máximo los vertidos incontrolados en la vía pública.

Existen algunas variantes en el funcionamiento del sistema puerta a puerta desde el punto de vista de recogida selectiva, habiendo municipios que sólo recogen a domicilio la materia orgánica, depositando las otras fracciones manualmente en sus correspondientes contenedores. Por otra parte, existen los municipios que eliminan de un día para otro todos los contenedores de la vía pública, siendo este método el que consigue unos índices de recuperación más elevados, al convertirse de forma forzosa en la única opción posible de recogida autorizada.

Con respecto a los RAEE, este sistema puede encajar perfectamente en los municipios de La Palma, siendo la generación de los mismos algo que este modelo puede asumir.

Esta propuesta también puede complementarse con la implementación de un “Punto limpio móvil”, que consista en un punto de recogida itinerante que recorra todos los municipios de la isla, con días asociados al mes para cada uno de ellos, con el objeto de acercar los puntos limpios a los diferentes barrios de los municipios. En ocasiones, la lejanía y necesidad de solicitar cita para la recogida de los RAEE, hace que se depositen de forma errónea en los contenedores de recogida selectiva, o incluso fuera de ellos.

Para aquellos municipios que no se encuentran en el área de influencia de las instalaciones fijas de Puntos Limpios, como puede ser el caso del municipio de Garafía o las zonas periféricas de municipios muy extensos como El Paso o Los Llanos de Aridane, se puede solventar esta dificultad mediante el servicio de punto limpio móvil que se propone, a través de vehículos adaptados y minicentros (cubículos) de recogida en instalaciones facilitadas por los ayuntamientos para la recogida de residuos especiales.



Como resultados de interés se pueden observar los siguientes, extraídos del plan de recogida PaP en la Comunidad Autónoma de Cataluña: [16]

*La experiencia de los municipios que han implantado la recogida selectiva puerta a puerta constata resultados importantes en la reducción de los residuos. Según analizó la Asociación y la Fundación ENT el año 2013, la generación de residuos per cápita en los municipios catalanes antes y después de implantar el sistema puerta a puerta (PaP) presenta una disminución media en porcentaje (ponderada por población) del 15,3 % inmediatamente después de la implantación.*

*A continuación se presentan los resultados de prevención de residuos alcanzados con la implantación del puerta a puerta, organizados en base al año de implantación.*

año	Generación per cápita: media ponderada (kg / hab y día)	% De prevención de residuos
Año previo implantación	1,572	
año implantación	1,438	-8,5%
1º año después	1,341	-6,8%
2º año después	1,317	-1,7%
3º año después	1,338	1,6%
4º año después	1,371	2,4%
5º año después	1,307	-4,6%
<b>total</b>		<b>-17,6%</b>

**Fig. 21:** Representación de la generación per cápita de residuos que se gestionan en el sistema de recogida Puerta a Puerta y la prevención de generación. [16]

*La prevención lograda en los dos primeros años después de la implantación alcanza el 15,3% de prevención de residuos. Después tiende a estabilizarse.*

*Cuando se compara la prevención lograda entre las diferentes modalidades de recogida puerta a puerta, se obtiene que en el caso del modelo de recogida PaP de 2 fracciones la prevención lograda después de la implantación es inferior a la obtenida en los demás modelos que recogen más fracciones puerta a puerta.*



## 6.2. Propuesta 2: Aplicación móvil

Debido a la poca predisposición ciudadana a desplazarse hasta los puntos limpios de la isla o incluso a la escasa información sobre gestión de los RAEE que existe en la isla de La Palma, puede proponerse la implementación de una aplicación móvil que sea accesible a toda la población insular.

Esta aplicación funcionaría como una especie de creador de avisos que los ciudadanos pueden hacer desde sus teléfonos móviles, incluyendo alguna imagen y un número de identificación por calles o por zona cercana. De esta forma, si el usuario detecta algún residuo de tipo voluminoso o RAEE abandonado en la vía pública o en zonas interurbanas de conexión entre los distintos municipios; donde es muy frecuente encontrar depositados residuos sólidos de todo tipo, puede generar un aviso mediante la aplicación para la recuperación de los RAEE abandonados.

No obstante, al existir en La Palma un gran índice de población de edad avanzada, sería interesante plantear, de forma complementaria, una línea telefónica dedicada a funcionar conjuntamente con el generador de avisos de la aplicación móvil, en el que un operador se encargaría de registrar el aviso del depósito no autorizado de RAEE en la vía pública.

Los avisos podrían gestionarse en una plataforma virtual en la que se registren en una especie de base de datos en la red, donde pueden resolverse al comunicar al equipo encargado de la recogida de RAEE la ubicación y la localización de los residuos depositados incorrectamente en zonas no destinadas a ello.

Del mismo modo, los ciudadanos pueden solicitar la recogida de los RAEE en un sistema de recogida Puerta a Puerta, en la que al presentar la solicitud de retirada, el personal acudiría al domicilio del solicitante para efectuar la correcta gestión de RAEE de origen doméstico, complementando la generación de avisos descrita anteriormente

Esta propuesta de *app* móvil podría funcionar de forma equivalente a la *app* "Punto Limpio" de la empresa ECOTIC: [17]

La Fundación ECOTIC, Sistema Colectivo de Responsabilidad Ampliada del Productor (SCRAP) para el reciclaje de los RAEE, ha implementado este proyecto para, de algún modo, hacer que la correcta gestión de este tipo de residuos sea más accesible para los ciudadanos y ciudadanas de todo el país.

Esta solución en forma de *app* contribuye al correcto depósito de los RAEE, ofreciendo a los usuarios información sobre el punto limpio más cercano a su ubicación. La aplicación tiene una interfaz muy amigable para cualquier usuario, incluyendo además las siguientes opciones:



**Tu punto limpio**, función que, sirviéndose de la herramienta de ubicación del dispositivo en el que se instale esta aplicación, inicializa la vista de un mapa que mostrará los centros más cercanos a la localización del usuario. Al hacer clic sobre cada uno de los iconos identificativos, se abre un pequeño menú desplegable de información con el nombre del centro, su dirección y el teléfono de contacto, así como una opción para ver la ruta de acceso sobre Google Maps (flecha a la derecha).

**Listado de puntos limpios**, que sirve para consultar información de los distintos puntos limpios, clasificados por comunidad autónoma y provincia.

**Descubre el reciclaje**, opción que incluye información de interés didáctico sobre los residuos electrónicos y la importancia que tiene su correcto depósito para no contribuir a vertidos descontrolados que supongan contaminación ambiental. Las pestañas *Residuos* y *¿Cómo se reciclan?* Ofrecen información complementaria sobre este tipo de residuos electrónicos y cómo se gestionan, reutilizan o valorizan.

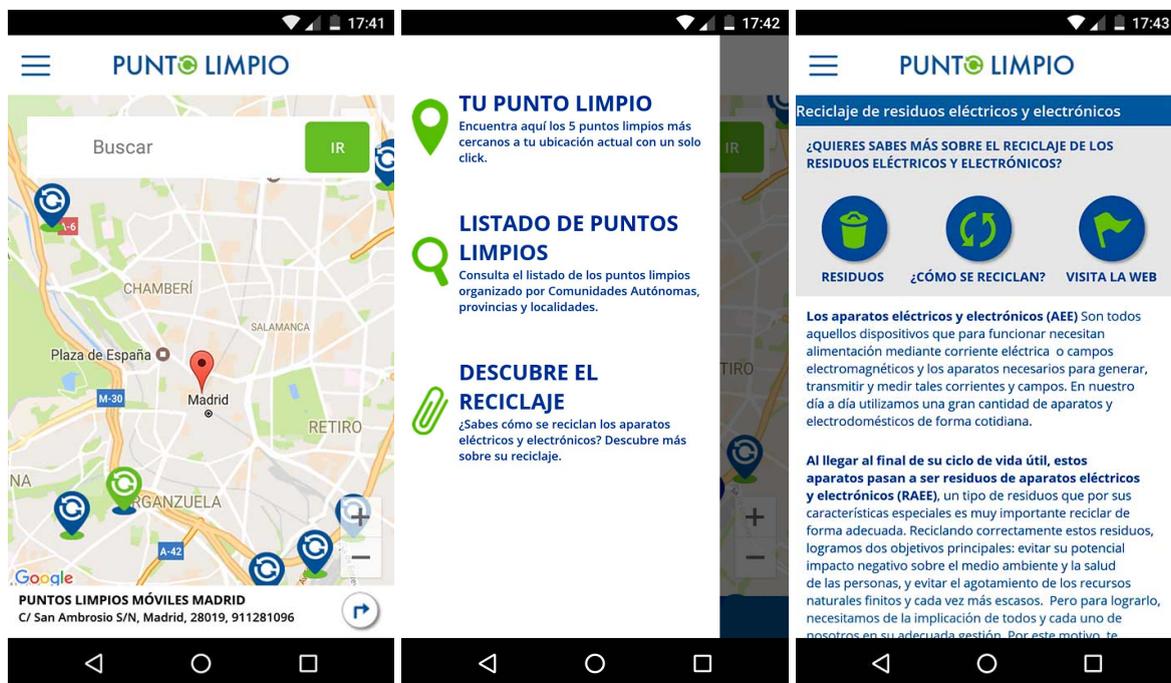


Fig. 22: Capturas de pantalla de la interfaz de la app móvil "Punto Limpio" de ECOTIC [17]



### 6.3. Propuesta 3: Unidad móvil de tratamiento intermedio

En adición a lo anterior, se propone la implementación de un proyecto de una unidad móvil de tratamiento intermedio, en la que se llevarían a cabo procesos intermedios entre la recogida y almacenamiento o transporte de los RAEE en La Palma.

Existen categorías de RAEE, como pueden ser los equipos refrigerantes o unidades de frío y calor, que incluyen en sus circuitos térmicos líquidos refrigerantes, tanques de almacenamiento, serpentines y demás elementos con fase líquida, que requieren un especial cuidado en su transporte para no dañar o perjudicar la integridad de los componentes o de la unidad de RAEE en sí.

Esta unidad de tratamiento intermedio tendría como finalidad realizar labores de descontaminación o de separación especial para este tipo de elementos residuales, y para cualquier otro dispositivo, antes de su almacenamiento y transporte. En la actualidad, los RAEE y la mayoría de residuos especiales no se gestionan en el territorio insular, sino que se almacenan en los puntos limpios donde se hace acopio de ellos para su posterior traslado a lugares como la isla de Tenerife, en los que existen plantas destinadas a un nivel de gestión más especializado. La solución propuesta aportaría un valor añadido a la gestión insular de los RAEE.

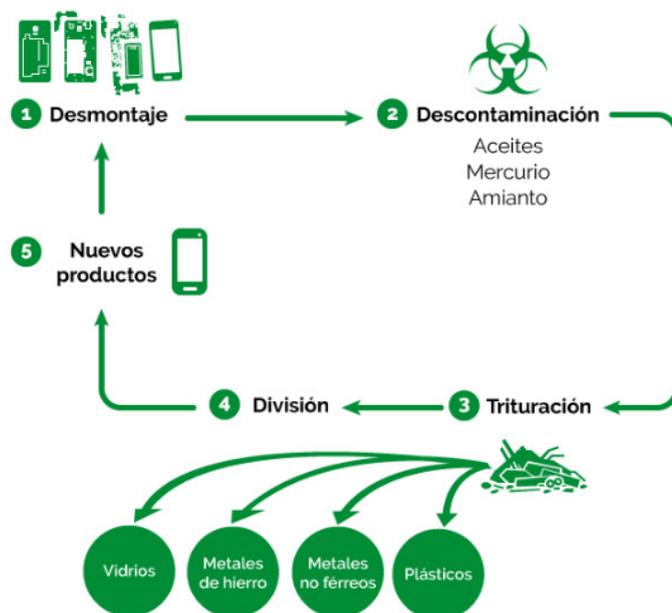


Fig. 23: Representación del proceso cíclico de generación y descomposición de RAEE Fuente: <https://www.raeeandalucia.es/>



Como propuesta de innovación, puede considerarse la implementación de una unidad de descontaminación, de carácter móvil e itinerante, que circule por los diferentes puntos limpios de la isla. Tendría un aspecto similar a las unidades móviles de descontaminación para el amianto, como la mostrada en la figura 24.



Fig. 24: Ejemplo de unidad móvil de descontaminación de amianto



Fig. 25: Ejemplo de remolque unidad móvil para albergar los distintos procesos de tratamiento intermedio de RAEE



Esta unidad móvil pasaría cada cierto tiempo por los puntos limpios de la isla de La Palma, para descontaminar los distintos equipos de refrigeración y otros tipos de RAEE, y garantizar la integridad de los residuos antes de su acopio y transporte para su gestión fuera de la isla.

Al existir 4 puntos limpios en la isla, puede proponerse que la unidad móvil se localice una semana de cada mes en cada uno de los puntos limpios, de la siguiente manera:

Semana	Punto Limpio
1	Los Llanos de Aridane
2	Tijarafe
3	Puntallana
4	Breña Baja y Complejo Los Morenos

De esta forma, la unidad itinerante pasaría todos los meses por los cuatro puntos limpios de La Palma, siguiendo un orden de distribución geográfica en sentido horario, realizando el último trayecto (Breña Baja - Los Llanos de Aridane) por la carretera del sur de la isla. De este modo, el recorrido finaliza llegando así al Complejo Ambiental de Los Morenos, en el que se realizarían las labores de descarga, inventariado de residuos y mantenimiento de la unidad móvil.



Fig. 26: Detalle de ruta de la unidad itinerante



La unidad móvil debería disponer de equipos de retirada de gases y líquidos refrigerantes, así como un almacenamiento temporal de estas sustancias peligrosas.

Con la implementación de este sistema, se aprovecha el modelo de gestión actual, basado en el acopio y almacenamiento de los RAEE, aportando así la mejora de poder optar a la descontaminación de los equipos y dispositivos varios con antelación a su transporte fuera de la isla.

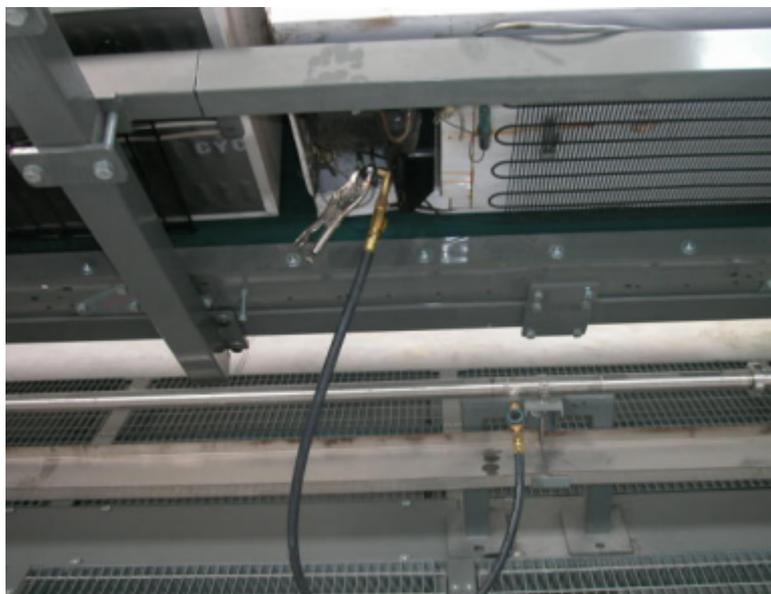
En lo referente a los procesos que se podrían seguir en esta unidad móvil se tienen los siguientes:

**Desensamblado manual:** Se procesarán varios tipos de electrodomésticos separándose manualmente aquellas piezas con componentes peligrosos, que se almacenan para su posterior entrega al gestor autorizado. Se retiran también las partes no aptas para trituración y las que pueden reutilizarse. Este desensamblado será realizado por operarios especializados con herramientas manuales (cizallas mecánicas y manuales) o destornilladores neumáticos.

- Frigoríficos: gomas imantadas, motores, circuitos electrónicos, bobinas eléctricas, compresor, bandejas y cajones.
- Lavadoras y secadoras: puerta de cristal, tubos, tambor externo, tapa superior, sellado de la puerta, motores, contrapesos, tarjetas de circuito impreso y bombas.
- Lavavajillas: motores, circuitos electrónicos, brazos rociadores, bandejas y tubos.
- Dispositivos pequeños como móviles, portátiles, consolas o tabletas: Se extraen las carcasas, placas base, baterías y demás componentes con alto índice de valorización.

**Descontaminación:** esta operación se realizará para los frigoríficos y congeladores, ya que contienen CFC como fluidos refrigerantes y aceites. La extracción de CFC de los motores de los equipos se hace mediante un equipo de aspiración compacto.

Los CFC extraídos son conducidos a un tanque donde se recogen junto con los aceites de los circuitos que también han sido aspirados. La separación de CFC y aceite se realiza en dicho tanque que, mediante una resistencia eléctrica, se calienta facilitando la separación.



**Fig. 27:** Detalle de extracción de líquidos y gases de una unidad frigorífica



**Fig. 28:** Detalle de compresores extraídos



El aceite se sitúa en otro tanque, mientras que los CFC se recuperan en estado gaseoso gracias a un sistema térmico de compresores e intercambiadores de calor, almacenándose en una bombona con autocontrol de llenado que incorpora una báscula. La limpieza del aceite mediante este sistema es superior al 99,5 % al igual que la eficiencia de captación de CFC. [18]

De manera complementaria, las empresas dedicadas al mantenimiento, venta y distribución de equipos de frío y calor, tales como calefacciones o aires acondicionados, entre otros, podrían servirse de esta unidad móvil para la correcta gestión de los líquidos de refrigeración o de los diferentes circuitos dedicados a intercambios de temperatura en general.

Del mismo modo, esta unidad puede incluir una pequeña cadena manual de desmontaje y separado de metales y distintos materiales provenientes de los RAEE de pequeñas dimensiones como móviles, tablets y similares.

En dicho proceso, los obreros especializados desmontan los aparatos y los agrupan según el material; es decir, separando manualmente aquellas partes que contienen sustancias peligrosas, como plomo, cadmio y mercurio, así como las baterías y el vidrio. De esta forma, los materiales que precisan especial atención son gestionados de forma óptima.



## 7. Evaluación de costes asociados a la implementación de las alternativas

A continuación, se presentan tres presupuestos a modo de estimación de coste para la implementación de las mejoras propuestas en este trabajo.

### 7.1. Refuerzo del sistema de recogida puerta a puerta

En primer lugar, para el refuerzo de las actividades del sistema de recogida puerta a puerta, se plantea un aumento de plantilla a 4 trabajadores y 2 vehículos de tipo furgoneta, dividiendo su actuación en zona norte y zona sur de la isla. Los vehículos estarían contemplados como un gasto fijo con los kilómetros estimados que podrían recorrer mensualmente, por lo tanto no serían adquiridos en propiedad sino incluidos en un contrato de *renting* o *leasing*, incluyendo el mantenimiento por parte de la empresa arrendadora.

Del mismo modo, la implementación de esta mejora, contaría con una campaña publicitaria de anuncios televisivos y de información en el uso del sistema de recogida puerta a puerta.

El coste estimado para la mejora del sistema de recogida puerta a puerta tomando como base dos vehículos tipo Ford Transit (268 euros al mes, tarifa de *Northgate*), y con 5 jornadas de 6 horas de trabajo semanal para los 4 operarios (12 euros la hora), además de campañas publicitarias y de información cada 2 meses en Televisión Canaria:

Unidades	Cantidad	Precio unitario/mes	Importe
Ford Transit (Renting)	2	268 €	536 €
Operarios	4	1440 €	5760 €
Campaña informativa	1	270 €	270 €
Total mensual			6.566 €
Total anual			77.172 €



## 7.2. Implementación de aplicación móvil y servicio de *Call Center*.

En segundo lugar, para la propuesta de la aplicación móvil y servicio de *Call Center*, es necesario contemplar el coste asociado a la implantación de esta mejora. Entre los gastos se debe contemplar la creación de la aplicación móvil, para lo cual se contrataría a un o una profesional de ingeniería informática con especialización en desarrollo y mantenimiento de aplicaciones, así como la mensualidad de la línea telefónica con el personal encargado de la gestión de los avisos. Se toma como horario de atención al público de lunes a viernes de 8:00 a 14:00, quedando registrados todos los avisos que se recibieran fuera de este horario (con posibilidad de registrarse las 24 horas del día).

En este caso, el personal encargado de la recogida de los RAEE notificados por este servicio puede pertenecer a la plantilla existente de operarios del Consorcio de Servicios de La Palma, para no originar nuevos gastos relacionados con personal en esta propuesta de mejora.

Por lo cual, el desembolso inicial y los costes fijos mensuales de esta propuesta serían los siguientes:

DESEMBOLSO INICIAL			
Unidades	Cantidad	Precio unitario	Importe
Desarrollo App (Profesional Ing.Informática)	1	12.000 €	12.000 €
<b>Total</b>			<b>12.000 €</b>

COSTE FIJO MENSUAL			
Unidades	Cantidad	Precio unitario/mes	Importe
Mantenimiento línea telefónica	1	15,38 €	15,38 €
Personal de atención al público/gestión de avisos	2	1.320 €	2.640 €
Total mes			2.655,38€
<b>Total año</b>			<b>31.864,56 €</b>



### 7.3. Unidad móvil de tratamiento intermedio.

En tercer y último lugar, para la unidad móvil de tratamiento intermedio se estima que los costes asociados mensuales fijos y el desembolso inicial comprendan las siguientes partidas presupuestarias:

- Adquisición de la unidad móvil para la cual se utiliza un remolque de camión de 2 ejes de ruedas
- Renting del camión tractor para su transporte e itinerancia
- Contratación de un conductor y dos operarios especializados (13,50 euros la hora; precio orientativo de trabajadores electricistas) que realicen las labores de transporte y los procesos de desmontaje manual, descontaminación y demás procedimientos asociados al tratamiento intermedio de los RAEE de cualquier categoría. Sus jornadas de trabajo estarían divididas en jornadas de 6 horas cada día de Lunes a Viernes. El conductor del camión solo se encargaría de la itinerancia de la unidad móvil, 4 veces al mes.

Por consiguiente, el presupuesto estimado tendría la siguiente forma:

<b>DESEMBOLSO INICIAL</b>			
<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Importe</b>
Unidad móvil acondicionada	1	17.000 €	17.000 €
<b>Total</b>			<b>17.000 €</b>

<b>COSTE FIJO MENSUAL</b>			
<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario/mes</b>	<b>Importe</b>
MAN TGX 18.440 4x2 BLS (Renting camión)	1	1.450 €	1.450 €
Operarios especializados	2	1.620 €	3.240 €
Conductor	1	1.530 €	1.530 €
<b>Total mensual</b>			<b>6.220 €</b>
<b>Total anual</b>			<b>74.640 €</b>



#### 7.4. Presupuesto anual final.

A modo de sintetizar el presupuesto anual, se presenta el coste anual del primer año, con sus desembolsos iniciales y una evolución de los 2 años siguientes al año de implantación de las tres propuestas planteadas, así como la adición de un porcentaje de costes indirectos del 3 % para provisiones, fungibles e imprevistos.

	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>
<b>Costes fijos (totales)</b>	109.111,20 €	109.111,20 €	109.111,20 €
<b>3 %</b>	3.273,34 €	3.273,34 €	3.273,34 €
<b>Desembolso inicial (total)</b>	29.000 €		
<b>Totales anuales</b>	<b>141.384,54 €</b>	<b>112.384,54 €</b>	<b>112.384,54 €</b>

El coste total del primer año es superior a los siguientes, pero a partir de este año, los costes fijos se mantienen estables y constantes, por lo que se considera que puede ser una inversión asumible por el Cabildo de La Palma.



## 8. Previsión de futuro y conclusiones

La generación y gestión de los residuos constituye uno de los problemas ambientales más graves de la sociedad actual, por lo que es objeto de políticas específicas en esta materia, tal como ocurre en la Unión Europea. El abandono o la incorrecta gestión de los residuos producen impactos notables en los medios receptores, contaminando el medio, contribuyendo al agravamiento del cambio climático y afectando a los ecosistemas y a la salud humana. Por el contrario, una correcta gestión de los residuos los convierte en recursos, con el consiguiente ahorro de materias primas y fuentes de energía. De ese modo se contribuye a la conservación de los recursos naturales, del clima y al desarrollo sostenible.

Tras el desarrollo de este Trabajo Fin de Grado podemos destacar que el tratamiento de los residuos generados por los AEE, así como su correcta gestión, repercutirán muy positivamente en un futuro próximo, generando beneficios para la infraestructura insular y para el medio ambiente. Aunque supondrá un desafío ambiental, también será una oportunidad para la creación de puestos de trabajo y la apertura de nuevas vías económicas.

Específicamente, a la isla de La Palma, comparada a nivel de Canarias y España en su totalidad, le beneficiaría mucho la implementación de las mejoras propuestas para su sistema de gestión de RAEE. Al tratarse de una isla no capitalina, es de interés su mejora en la gestión de residuos de esta índole, para contribuir a una gestión más eficaz, económica y a nivel de infraestructuras.

Los RAEE están compuestos de materiales altamente valorizables desde el punto de vista económico, material y energético. Es por esto que las alternativas propuestas pueden suponer una mejora en el modelo actual, basado en el almacenamiento y en el acopio, para su transporte posterior a territorios con más infraestructura tecnológica.

Como resultado, la isla de La Palma podría ganar gran importancia a nivel nacional como modelo de gestión de RAEE innovador, sirviendo de ejemplo no solo para las administraciones de las demás islas Canarias, sino también para otros países o territorios de características demográficas similares.



## Conclusion

The generation and management of waste is a serious environmental problem in today's society, which is why there is a specific European policy on waste. The abandonment or incorrect management of waste has a significant impact on the receiving environments and causes pollution of water, soil and air, contributing to the aggravation of climate change and affecting ecosystems and human health. However, when waste is managed correctly, it becomes a resource that contributes to the saving of raw materials, to the conservation of natural resources, of the climate and to sustainable development.

After the development of this Final Degree Project, we can highlight that the treatment of waste generated by EEE, as well as its correct management, will have a very positive impact in the near future, generating benefits for the island infrastructure and for the environment. Although it will be an environmental challenge, it will also be an opportunity for the creation of jobs and the opening of new economic avenues.

Specifically, the island of La Palma, compared to the Canary Islands and Spain as a whole, would benefit greatly from the implementation of the proposed improvements to its WEEE management system. Since it is a smaller island, it is of interest to improve the management of this type of waste in order to contribute to a more efficient, economic and infrastructural management.

Electrical and electronic equipment is composed of highly recoverable materials from an economic, material and energy point of view. This is why the proposed alternatives can be an improvement on the current model, based on storage and collection, for subsequent transport to areas with more technological infrastructure.

As a result, the island of La Palma could gain great importance at the national level as an innovative WEEE management model, serving as an example not only for the administrations of the other islands, but also for other countries or territories with similar demographic characteristics.



# Bibliografía

- [1] DIRECTIVA 2012/19/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/19/2018-07-04>
- [2] "RAEE Reciclado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos" <https://erp-recycling.org/es-es/> ERP España. 22 Feb. 2019. Web. 11 Febrero 2021.
- [3] Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (BOE de 21 de febrero) <https://www.boe.es/eli/es/rd/2015/02/20/110/con>, modificado por el RD 27/2021, de 19 de enero (BOE de 20 de enero) <https://www.boe.es/eli/es/rd/2021/01/19/27>
- [4] "¿Cómo quiere la UE Lograr una economía circular para 2050? Noticias: Parlamento Europeo" *¿Cómo quiere la UE lograr una economía circular para 2050?* <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20210128STO96607/como-quiere-la-ue-lograr-una-economia-circular-para-2050> | Noticias | Parlamento Europeo. 10 Feb. 2021. Web. 12 Marzo 2021.
- [5] "PTER Plan Territorial Especial de Residuos (La Palma)". <https://www.opendatalapalma.es/documents/deea67529ad1403382cfd44609599df0/explore> Open Data La Palma. Web. 14 Apr. 2021 (BOC de 26 de Mayo de 2015).
- [6] A. Paiano, *Photovoltaic waste assessment in Italy*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Italy, 2015.
- [7] Ernesto de la Torre, Alicia Guevara, y Sebastián Espinoza. *Los Teléfonos celulares, una nueva mina de metales preciosos, factible de valorizar mediante tostación y lixiviación con cianuro*. Quito: Departamento de Metalurgia Extractiva (DEMEX), 2009. PDF.
- [8] Luis Pérez Pulido. "Un estudio sobre la eliminación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en los hogares españoles". *Universidad de Sevilla*, 2014.
- [9] "Consortio de Servicios de La Palma". *Consortio de Servicios de La Palma*. <https://www.cslapalma.org/> 15 Mar. 2021. Web. 18 Mayo 2021.



[10] Ott, Daniel. *La gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. El modelo Suizo*. Montevideo, Uruguay: EMPA, 14 Feb. 2013.

[11] "The Association behind Swico Recycling". <https://www.swico.ch/de/> Swico. Web. 5 May 2021.

[12] Miñón, Miren Artaraz, Javier Forcada Sainz, y Oihana García Alonso. *La gestión de los residuos municipales en España: ¿Vamos por el buen camino?* Álava: Euskal Herriko Unibertsitatea, 2011. PDF.

[13] Sora, Marta Jofra, David Font Vivanco, y María Mestre Montserrat. "*Estudio sobre modelos de gestión de residuos en zonas insulares*". Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 15 Abr. 2011.

[14] Méndez De León, Davinia, y Vivian Martin Rivera. "Reciclaje y gestión de residuos en Tenerife: Un paso hacia la economía circular". Riull.ull.es, 2019, <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/16790>.

[15] "Ministerio para la transición ecológica". <https://www.miteco.gob.es/es/> Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Web. 4 Mayo 2021.

[16] "Associació de municipis catalans per a la recollida porta a porta". <https://www.portaaporta.cat/> Web. 09 Marzo de 2021.

[17] Urquijo, Judit. "Los residuos electrónicos, ¿Dónde los tiras?" <https://www.greenappsandweb.com/android/residuos-electronicos-punto-limpio/> Greenapps&web. 08 Mar. 2017. Web. 18 Mayo 2021.

[18] Serrano, Patricia Isabel Bañón, Celia Camacho Suárez, Elena González López, y Lucía Gutiérrez García. *Diseño de una planta para el tratamiento de RAEEs*. Madrid: EOI Escuela de Organización Industrial - Escuela de Negocios, 24 Julio 2009.