

# Informe de obsolescencia de productos

## Parte II: Informe de obsolescencia de una impresora

Estudio pormenorizado de una impresora

Comparación del análisis del ciclo de vida y coste económico  
entre productos de a corto y largo plazo

Catálogo de publicaciones del Ministerio: <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/>  
Catálogo general de publicaciones oficiales: <https://cpage.mpr.gob.es/>

Título: Estudios de obsolescencia de impresoras  
Edición 2024



Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico  
Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones

Edita  
© SUBSECRETARÍA  
Gabinete Técnico

Lengua/s: Español  
NIPO: 665-24-050-8  
Gratuita / Unitaria / En línea / pdf

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTADO DE ACRÓNIMOS</b> .....	<b>13</b>
<b>ESTUDIO PORMENORIZADO DE UNA IMPRESORA DOMÉSTICA</b> ..	<b>15</b>
1. Introducción .....	15
2. Objetivo .....	17
3. Estudio pormenorizado del producto: Impresora .....	17
3.1. Descripción general .....	17
3.1.1. Justificación de la elección del producto .....	17
3.1.2. Contexto y antecedentes .....	20
3.1.3. Tipos de impresoras .....	22
3.1.4. Funcionamiento y partes constituyentes .....	23
3.2. Principales causas de la obsolescencia .....	26
3.2.1. Obsolescencia económica .....	28
3.2.2. Obsolescencia técnica o funcional .....	30
3.2.3. Obsolescencia material .....	33
3.2.4. Obsolescencia psicológica .....	33
3.3. Ciclo de Vida medio esperado .....	34
3.3.1. Fase de Fabricación .....	38
3.3.2. Fase de Uso .....	39
3.3.3. Fase de Fin de Vida .....	42
3.4. Análisis sobre la reparabilidad del producto .....	45
3.4.1. Fallos más comunes en impresoras domésticas .....	49
3.4.2. Piezas y componentes estandarizados y homologables .....	50
3.4.3. Disponibilidad de recambios .....	55
3.4.4. Facilidad de desmontaje .....	57
3.4.5. Maquinaria o herramientas específicas para la reparación .....	60
3.4.6. Disponibilidad y funcionalidad de las actualizaciones del firmware .....	60
3.4.7. Propuestas de mejora de la reparabilidad .....	62

<b>COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y COSTE ECONÓMICO ENTRE PRODUCTOS DE A CORTO Y LARGO PLAZO</b>	<b>67</b>
1. Introducción	67
2. Objetivo	68
3. Alcance y límites del sistema	68
4. Unidad funcional	71
5. Definición del caso Base	72
5.1. Análisis del Ciclo de Vida (ACV) del caso Base	72
5.1.1. Definición del <i>Bill of Materials</i> (BOM) del caso Base	72
5.1.2. Definición del Inventario del Ciclo de Vida (ICV) del caso Base	78
5.1.3. Evaluación de impactos ambientales del caso Base	84
5.2. Análisis de Costes del Ciclo de Vida (ACCV) del caso Base	92
6. Análisis de posibles mejoras de diseño	97
6.1. Mejoras en durabilidad	97
6.1.1. Fallos más frecuentes y componentes implicados que disminuyen la durabilidad	97
6.1.2. Posibles alternativas de diseño para mejorar la durabilidad	98
6.1.3. Implicaciones en el ACV y el ACCV de las alternativas de diseño para mejorar la durabilidad	98
6.2. Mejoras en Reparabilidad	99
6.2.1. Aspectos de diseño que dificultan la reparabilidad	99
6.2.1. Posibles alternativas de diseño para mejorar la reparabilidad	100
6.2.3. Implicaciones en el ACV y el ACCV de las alternativas de diseño para mejorar la reparabilidad	100
6.3. Mejoras en Reciclabilidad	101
6.3.1. Aspectos de diseño que dificultan la reciclabilidad	101
6.3.2. Posibles alternativas de diseño para mejorar la reciclabilidad	102
6.3.3. Implicaciones en el ACV y el ACCV de las alternativas de diseño para mejorar la reciclabilidad	103
7. Definición del caso Mejorado	104
7.1. Análisis del Ciclo de Vida (ACV) del caso Mejorado	104
7.1.1. Resultado del <i>Bill Of Materials</i> (BOM) del caso Mejorado	104

7.1.2.	Inventario del Ciclo de Vida (ICV) del caso Mejorado .....	105
7.1.3.	Evaluación de impactos ambientales del caso Mejorado .....	106
7.2.	Análisis de Costes del Ciclo de Vida (ACCV) del caso Mejorado .....	115
8.	Comparativa de resultados del caso Base Vs. caso Mejorado .....	119
8.1.	Comparativa de resultados de los ACV .....	119
8.2.	Comparativa de resultados de los ACCV .....	122
9.	Adquisición del producto frente al empleo de sistemas de producto-servicio ...	123
10.	Propuesta de evaluación de criterios de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad .....	126
10.1.	Evaluación de la durabilidad del producto .....	127
10.1.1.	Aspectos de diseño que pueden aumentar la durabilidad .....	127
10.1.2.	Posibles criterios de evaluación de la durabilidad .....	130
10.2.	Evaluación de la reparabilidad del producto .....	132
10.2.1.	Aspectos de diseño que pueden aumentar la reparabilidad .....	132
10.2.2.	Posibles criterios de evaluación de la reparabilidad .....	134
10.3.	Evaluación de la reciclabilidad del producto .....	137
10.3.1.	Aspectos de diseño que pueden aumentar la reciclabilidad .....	137
10.3.2.	Posibles criterios de evaluación de la reciclabilidad .....	139
11.	Conclusiones .....	142
	<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>147</b>
	<b>ANEXO I: VERIFICATION OF RESOURCE EFFICIENCY AND INFORMATION REQUIREMENTS .....</b>	<b>151</b>
	<b>ANEXO II: ÍNDICE DE CONTENIDO DE LA HOJA DE TRABAJO EXCEL ADJUNTA .....</b>	<b>167</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios del artículo 15, apartado 2, de la Directiva de diseño ecológico aplicados a los equipos de impresión.....	19
Tabla 2. Coste de tinta y tóner para proveedores originales y otros.....	28
Tabla 3. Clasificación de los dispositivos copiadores.....	35
Tabla 4. Ciclo de vida promedio estimado en páginas para impresoras y dispositivos multifunción a color.....	35
Tabla 5. Ciclo de vida promedio estimado en páginas para impresoras y dispositivos multifunción monocromáticos.....	36
Tabla 6. Ahorro generado por los aparatos de impresión en la EU-27 con arreglo a las distintas opciones, en comparación con la hipótesis de statu quo, para 2020 y 2030.....	37
Tabla 7. Repuestos que deben estar disponibles durante al menos 7 años para dispositivos nuevos y 5 años para dispositivos ya fabricados.....	56
Tabla 8. Requisitos de diseño para el desmontaje.....	58
Tabla 9. Criterios de la etiqueta ecológica de la UE para equipos de impresión.....	65
Tabla 10. Cuadro resumen de los límites del sistema considerados según las fases del Ciclo de Vida de una impresora multifunción de inyección de tinta.....	69
Tabla 11. Unidad funcional del caso Base y del caso Mejorado.....	71
Tabla 12. BOM de HP DeskJet D1360.....	73
Tabla 13. Materiales de un modelo indeterminado de impresora.....	74
Tabla 14. EDP de varios modelos de impresora.....	75
Tabla 15. BOM de la impresora del caso Base.....	77
Tabla 16. Distancias del transporte consideradas para el producto caso Base.....	79
Tabla 17. Escenarios de fin de vida para el producto caso Base.....	79
Tabla 18. Lista de materiales y procesos considerados para elaborar el inventario de la impresora del caso Base.....	81
Tabla 19. Resultados por categoría de impacto para los componentes de la impresora del caso Base durante su Ciclo de Vida (valores absolutos).....	85
Tabla 20. Resultados por categoría de impacto para los componentes de la impresora del caso Base durante su ciclo de vida (valores porcentuales).....	86
Tabla 21. Resultados por categoría de impacto de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Base (valores absolutos).....	89
Tabla 22. Resultados por categoría de impacto de las fases (y embaaje) del Ciclo de Vida del caso Base (valores porcentuales).....	90

Tabla 23. Datos de partida considerados para el ACCV de la impresora del caso Base.....	95
Tabla 24. Resultados del ACCV para la impresora del caso Base.....	96
Tabla 25. Variaciones en los pesos del caso Base y el caso Mejorado.....	99
Tabla 26. Diferencia de precio entre el caso Base y el caso Mejorado.....	99
Tabla 27. Reducción en el tiempo de mano de obra del técnico especializado durante la reparación de la impresora del caso Mejorado respecto a la del caso Base.....	101
Tabla 28. Relación de mejoras en el diseño de impresoras para mejorar su reciclabilidad.....	102
Tabla 29. Comparativa de los escenarios de Fin de Vida planteados para la impresora del caso Mejorado respecto a la del caso Base.....	103
Tabla 30. Reducción en el tiempo de mano de obra del operario de planta de tratamiento durante la reparación de la impresora del caso Mejorado respecto a la del caso Base.....	103
Tabla 31. BOM de la impresora del caso Mejorado.....	104
Tabla 32. Distancias del transporte consideradas para el producto caso Mejorado..	105
Tabla 33. Resultados por categoría de impacto para los componentes de la impresora del caso Mejorado durante su Ciclo de Vida (valores absolutos).....	108
Tabla 34. Resultados por categoría de impacto para los componentes de la impresora del caso Mejorado durante su Ciclo de Vida (valores porcentuales).....	109
Tabla 35. Resultados por categoría de impacto de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Mejorado (valores absolutos).....	112
Tabla 36. Resultados por categoría de impacto de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Mejorado (valores porcentuales).....	113
Tabla 37. Datos de partida considerados para el ACCV de la impresora del caso Mejorado.....	117
Tabla 38. Resultados de costes actuales y valor actual para el caso Mejorado.....	118
Tabla 39. Variación respecto al caso Base de los resultados por categoría de impacto del caso Mejorado.....	120
Tabla 40. Resultados de impacto comparativo entre productos (valor único).....	121
Tabla 41. Variación entre los resultados del AACV del caso Mejorado respecto a los del caso Base.....	122
Tabla 42. Aspectos de diseño que pueden mejorar la durabilidad del dispositivo.....	128
Tabla 43. Primera propuesta de criterios de valoración de aspectos de aspectos de diseños basados en durabilidad.....	131
Tabla 44. Aspectos de diseño que pueden mejorar la reparabilidad del dispositivo..	133

Tabla 45. Primera propuesta de criterios de valoración de aspectos de diseño basados en la reparabilidad.....	135
Tabla 46. Primera propuesta de criterios de valoración de aspectos de diseño basados en la reciclabilidad.....	138
Tabla 47. Propuesta de criterios de valoración de la reciclabilidad.....	140



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. UNIVAC High Speed Printer (izq.) y Xerox 914 (der.).....	21
Figura 2. HP LaserJet III de 1990 (izq.) e impresora de tinta HP DeskJet 3720 del año 2016.....	21
Figura 3. Partes internas de una impresora.....	24
Figura 4. Partes de un escáner.....	25
Figura 5. Partes internas de una impresora láser y de un tóner.....	26
Figura 6. Resultados de la encuesta a empresas europeas sobre el tiempo de reposición de sus dispositivos de impresión.....	27
Figura 7. Resultados de la encuesta a empresas europeas sobre los motivos de reemplazo de sus dispositivos de impresión.....	27
Figura 8. Principales causas por las que no se reparan los productos.....	29
Figura 9. Cartucho de tinta cian de terceros que se desparramó de su envase antes incluso de extraerlo del embalaje (izq.) y unidad de transferencia de una impresora láser a color dañada por una fuga de tóner de un cartucho magenta de terceros (der.).....	30
Figura 10. Importancia ambiental de las subpartes de un circuito integrado de un microchip.....	38
Figura 11. Recorte de la web francesa Produitsdurables con las marcas más fiables de impresoras de inyección de tinta entre los usuarios (puntuadas sobre 5 estrellas).....	41
Figura 12. Resultados del estudio de Keypoint Intelligence e InfoTrends (2012) sobre las iniciativas medioambientales relacionadas con la impresión más importantes para su empresa.....	42
Figura 13. Tendencias empresariales en la retirada de dispositivos de impresión antiguos. En naranja, respuestas a entrevistados de Europa Occidental (Italia, Francia, Reino Unido y Alemania). En azul, entrevistados en EEUU.....	42
Figura 14. Esquema del proceso de recogida de cartuchos y tóner.....	44
Figura 15. Proceso de tratamiento de cartuchos de tinta y tóner recogidos (izq.) y ejemplo de materias primas resultantes del proceso de reciclaje de un tóner (der.).....	44
Figura 16. Empresas y personas trabajadoras del sector de la reparación en Europa en 2017.....	46
Figura 17. Centros de cotización y nº de afiliados del sector de la reparabilidad en España en 2018.....	47
Figura 18. Parte visible de la almohadilla absorbente.....	49

Figura 19. Unidad de escáner.....	51
Figura 20. Bandeja de gran capacidad para impresora.....	52
Figura 21. Formatter.....	52
Figura 22. Cabezal de impresión.....	53
Figura 23. Fusor de impresora láser.....	53
Figura 24. De izquierda a derecha: Módulo de colorante Cartucho de tinta, tóner.....	54
Figura 25. Kit de rodillos de impresión.....	54
Figura 26. Fuente de alimentación de impresora doméstica.....	54
Figura 27. Panel de control.....	55
Figura 28. Alerta de actualización automática de un dispositivo de impresión.....	61
Figura 29. De izquierda a derecha, ecoetiquetas “Nordic Swan”, “Energy Star” y “Blue Angel”.....	64
Figura 30. Impresora multifuncional EPSON L3160, de la gama EcoTank. Se aprecian los botes de tinta (izq.) y los depósitos de tinta de la impresora (der.).....	66
Figura 31. Distribución del impacto en indicador único por componentes de la impresora del caso Base durante su Ciclo de Vida.....	87
Figura 32. Resultados de la ponderación en indicador único de los diferentes impactos asociados a cada componente de la impresora del caso Base (valores porcentuales).....	88
Figura 33. Representación gráfica de los resultados por categorías de impacto de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Base (valores porcentuales).....	91
Figura 34. Distribución del impacto total de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Base (CB).....	92
Figura 35. Distribución del impacto en indicador único por componentes de la impresora del caso Mejorado (CM) durante su Ciclo de Vida.....	110
Figura 36. Resultados de la ponderación en indicador único de los diferentes impactos asociados a cada componente de la impresora del caso Mejorado (CM) (valores porcentuales).....	111
Figura 37. Representación gráfica de los resultados por categorías de impacto de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Mejorado (valores porcentuales).....	114
Figura 38. Distribución del impacto total de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Mejorado (CM).....	115

## LISTADO DE ACRÓNIMOS

- ABS:** Acrilonitrilo butadieno estireno (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*)
- ACV:** Análisis de Ciclo de Vida
- ACCV:** Análisis de Costes de Ciclo de Vida
- ADEME:** Agencia francesa para la transición ecológica
- AEE:** Aparato eléctrico y electrónico
- BOM:** Listado de Materiales (*Bill Of Materials*)
- DDI:** Pasos de desmontaje
- GEI:** Gases de Efecto Invernadero
- EN:** Norma Europea
- HIPS:** Poliestireno de alto impacto (*Hight Impact Polystyrene*)
- HOP:** *Halte à l'Obsolescence Programmée*
- ICV:** Inventario de Ciclo de Vida
- IHOBE** Sociedad pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco (*Ingurumen Hobekuntza*)
- ISO:** *International Organization for Standardization*
- JRC:** *Join Research Center*
- MEErP:** Metodología para el Ecodiseño de productos relacionados con la energía (*Methodology for ecodesign of energy-related products*)
- Mtep:** Millones de toneladas equivalentes de petróleo
- OCU:** Organización de Consumidores y Usuarios
- OEM** Fabricante de equipo original (*Original Equipment Manufacturer*)
- PET:** Tereftalato de polietileno (*Poliethylene terephthalate*)
- PSS:** Sistemas Producto-Servicio (*Product-Service Systems*)
- PVC:** Policloruro de vinilo. (*Polyvinyl chloride*)
- PWB:** Placas de circuitos impresos (*Printing Wiring Board*)
- RAEE:** Residuo de aparato eléctrico y electrónico
- RII-AEE:** Registro Integrado Industrial de Aparatos Eléctricos y Electrónicos
- UNE:** Asociación Española de Normalización
- UNU-Key:** Categorías de AEE desarrollados por la Universidad de las Naciones Unidas (*United Nations University, UNU*)
- VAN:** Valor Actual Neto



# ESTUDIO PORMENORIZADO DE UNA IMPRESORA DOMÉSTICA

## 1. Introducción

Actualmente, el consumo de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE en adelante) tiene una relación directamente proporcional con el desarrollo económico mundial: el aumento de los niveles de ingresos disponibles, la urbanización, la movilidad y la industrialización está dando lugar a un incremento progresivo del consumo de AEE que, en promedio, aumenta en 2,5 millones de toneladas cada año<sup>1</sup>.

Una vez utilizados, los AEE se eliminan, generando un flujo de residuos que contiene materiales peligrosos y valiosos a la par. Dichos residuos se denominan *residuos-e* o *residuos de aparatos eléctricos y electrónicos* (RAEE en adelante) y en 2019, según datos de Forti *et al.* (2020)<sup>2</sup> el mundo generó una cantidad de 53,6 Mt (7,3 kg per cápita) y, según las previsiones, alcanzará los 74,7 Mt en 2030. Este aumento progresivo de 2 Mt al año se debe principalmente al incremento de las tasas de consumo de AEE y a sus cortos ciclos de vida y escasas opciones de reparación.

Desgraciadamente, las actividades de reciclaje no siguen el ritmo de crecimiento ya que tan solo 9,3 Mt de RAEE se registraron como recogidos y efectivamente reciclados, que apenas equivale a un 17,4 % de los RAEE generados. Esto implica que la gran mayoría de RAEE generados no se han gestionado de manera ambientalmente correcta y al margen de los sistemas de recogida y gestión oficiales.

A finales de 2019, 78 países disponen de políticas, leyes o reglamentos nacionales en materia de RAEE. La gran mayoría se encuentra en Europa, lo que ha conseguido que el 42,5 % de RAEE generados fueran recogidos y reciclados, pese a ser el continente con mayor tasa de generación de RAEE per cápita (16,2 kg por habitante)<sup>2</sup>.

La reacción a este problema en Europa ha sido abordada por la UE con la elaboración de 2 importantes directivas de impacto en materia de RAEE: 1) La Directiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de junio de 2011, sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos<sup>3</sup>; y 2) la Directiva 2012/19/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> No se incluyen los paneles fotovoltaicos en el promedio.

<sup>2</sup> Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos – 2020: Cantidades, flujos y potencial de la economía circular. Universidad de las Naciones Unidas (UNU)/Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones (UNITAR) – coorganizadores del programa SCYCLE, Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA), Bonn/Ginebra/Rotterdam.

<sup>3</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011L0065-20211101&from=ES>

<sup>4</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02012L0019-20180704&from=ES>

En España, la transposición de las Directivas anteriormente citadas se ha transpuesto al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos, quedando posteriormente derogada por el Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos<sup>5</sup>.

De entre toda la gama de aparatos eléctricos y electrónicos disponibles en mercado, este estudio se centrará en mayor medida en las impresoras, uno de los AEE más asociados por el colectivo de consumidores a la obsolescencia prematura, que más se estropea y que menos se repara.

Una impresora es un dispositivo periférico de salida del ordenador que permite producir una gama permanente de textos o gráficos de documentos almacenados en un formato electrónico, imprimiéndolos en medios físicos, normalmente en papel, utilizando cartuchos de tinta o tecnología láser (con tóner).

En principio, las impresoras están diseñadas para realizar trabajos repetitivos de poco volumen, sin embargo, generalmente son dispositivos lentos, y el gasto (coste) por página es relativamente alto. Muchas impresoras son usadas como periféricos de salida, y están permanentemente conectadas a un ordenador por un cable. Otras, llamadas impresoras de red, tienen una interfaz de red interna (típicamente inalámbricas o por cable ethernet), y sirven como un dispositivo para imprimir en papel algún documento para cualquier usuario de dicha red. Las impresoras actuales son aparatos multifunción que constan de impresora, escáner o fax en el mismo dispositivo, además de conexiones directas con otros equipos multimedia electrónicos como las tarjetas *CompactFlash*, *Secure Digital* o *Memory Stick*, memorias USB, cámaras digitales y smartphones.

En comparación con la situación que se da en el caso de la mayor parte de los otros productos eléctricos y electrónicos, los aparatos de impresión no suscitan problemas importantes de diseño ecológico, dado que, gracias a la adopción de medidas y políticas voluntarias, se están produciendo progresos muy rápidos en lo concerniente a la mejora de la eficiencia energética y el ahorro de papel con el duplexado (impresión del papel por ambas caras).

Por otro lado, considerando el coste de los consumibles (cartuchos de tinta y tóner) en relación con el precio final de las impresoras y la problemática asociada a los mismos, resulta imposible excluir este tema del análisis del presente trabajo, por lo que también se discutirá en numerosas ocasiones aspectos o características relativos a las tintas y tóners, según corresponda, y que afectaran en mayor o menor medida a los dispositivos de impresión.

---

<sup>5</sup> <https://www.boe.es/buscar/pdf/2015/BOE-A-2015-1762-consolidado.pdf>

El hecho de que no se esté explotando plenamente el potencial técnico de ahorro se debe principalmente a la dinámica de un sector en el que la eficiencia energética se ha incrementado en porcentajes anuales superiores al 6 % y el ahorro en electricidad ha sido del orden del 87 % a lo largo de los últimos 15 años<sup>6</sup>. No obstante, constituyen motivos de preocupación la ausencia de garantías de que vaya a mantenerse la actual tendencia positiva en la mejora de la eficiencia energética y el hecho de que la actual legislación cubra aspectos medioambientales concretos.

## 2. Objetivo

Este informe pretende realizar el estudio pormenorizado de un dispositivo específico asociado a problemas de obsolescencia, como son las impresoras multifunción domésticas de inyección de tinta, analizando las características del producto que influyen, sobre el ciclo de vida medio esperado y el coste del producto.

Se trata de un estudio teórico pues no ha sido posible contar con datos empíricos del sector, (fabricantes o centros de tratamiento de RAEE), laboratorios, consumidores o reparadores. A falta de las anteriores colaboraciones, para la elaboración del presente informe, la única información disponible proviene de fuentes bibliográficas (estudios científicos, publicaciones específicas, pruebas de los productos, etc.), o búsquedas en páginas de internet de acceso público.

## 3. Estudio pormenorizado del producto: Impresora

### 3.1. Descripción general

#### 3.1.1. Justificación de la elección del producto

El producto analizado en este estudio son las impresoras multifunción de inyección de tinta y uso doméstico, aunque en diferentes puntos del trabajo también se abordarán las impresoras láser, dada su relevancia.

Las impresoras de uso doméstico se clasifican según los anexos III y IV del Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos<sup>5</sup> en la categoría 6 «Equipos de informática y telecomunicaciones pequeños (sin ninguna dimensión exterior superior a los 50 cm)», a diferencia de las de uso profesional, que se engloban en la categoría 4 «Grandes aparatos (con una dimensión exterior

---

<sup>6</sup> Informe de la Comisión al Parlamento Europeo y el Consejo sobre el régimen voluntario de diseño ecológico para los aparatos de impresión de imágenes. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013SC0014&from=EN>

superior a 50 cm)». Por otro lado, según el sistema de clasificación de categorías de AEE desarrollado por United Nations University (UNU), los equipos de impresión se corresponden a UNU-key 0304-Impresoras (incluyendo escáneres, multifunción y fax). Según el Registro Integrado Industrial de aparatos eléctricos y electrónicos (RII-AEE), dentro de la mencionada categoría 6, las impresoras presentan el código de producto 06002 y 06003 para equipos que pueden realizar una o más de las funciones siguientes: imprimir, escanear, copiar o enviar/recibir un fax. Además, se incluyen los cartuchos de impresión que contienen partes eléctricas y que necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos para funcionar adecuadamente con código de producto 06004.

La elección de este producto queda reflejada en el siguiente listado, dada su importancia:

- En 2019 se pusieron en el mercado español 1.062.373 (5.384,6 t) y 434.029 (2.607,7 t) unidades de equipos multifunción y monofunción (Impresoras, escáneres, etc.), respectivamente, para uso doméstico. Esto representa, en conjunto, el 0,32 % en unidades y el 1,24 % en peso del total de productos para uso doméstico puestos en mercado. A nivel profesional el número de equipos multifunción (160.767 unidades) y monofunción (238.999 unidades) tiene proporcionalmente un peso significativamente mayor (6.443,2 y 3.712,1 t, respectivamente), ya que son aparatos de mayor tamaño. En conjunto, representan el 0,25 % en unidades y el 4,54 % en peso del total de productos para uso profesional puestos en mercado<sup>7</sup>.
- Es una de las familias prioritarias tanto para la Asociación Mundial de Estadísticas de Residuos Electrónicos (GESP, por sus siglas en inglés) como para la Comisión Europea y la Agencia Federal de Medio Ambiente alemana.
- Los aparatos de impresión no han estado sujetos a ningún tipo de medida obligatoria específica para este producto, si bien algunos aspectos han sido regulados horizontalmente por normativas sobre diseño ecológico, consumo de energía eléctrica en los modos preparado y desactivado, productos químicos y residuos.
- En 2012, la Comisión Europea llevó a cabo un estudio técnico, medioambiental y económico a fin de evaluar los criterios aplicables a las medidas de ejecución en materia de diseño ecológico para los aparatos de impresión (SWD(2013) 15 final<sup>8</sup>). El estudio puso de manifiesto que estos criterios se cumplían, dado que (1) los aparatos de impresión se comercializan en la UE en grandes cantidades, (2) el impacto ambiental del consumo de electricidad durante el ciclo de vida de los aparatos de impresión es significativo, y (3) los efectos medioambientales de los aparatos de impresión comercializados en la actualidad presentan dis-

<sup>7</sup> Registro Integrado Industrial (RII) (2019). Disponible en: <https://industria.gob.es/registros-industriales/RII/Paginas/Index.aspx>

<sup>8</sup> <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2013:0015:FIN:EN:PDF>

paridades considerables, existiendo soluciones técnicas rentables que podrían generar notables mejoras (**Tabla 1**).

**Tabla 1.** Criterios del artículo 15, apartado 2, de la Directiva de diseño ecológico aplicados a los equipos de impresión.

**Fuente:** Comisión Europea<sup>8</sup>.

Art. 15.2.a)	Volumen anual de venta en la UE (unidades).	2010: 31 millones 2020: 37 millones 2030: 41 millones
Art. 15.2.b)	Impacto medioambiental: consumo directo de electricidad de los aparatos de impresión de imágenes, en TWh de electricidad y Mt equivalentes de CO <sub>2</sub> por año.	Directo (electricidad): 2010: 8,7 TWh (3,6 Mt CO <sub>2</sub> ) 2020: 9,1 TWh (3,5 Mt CO <sub>2</sub> ) 2030: 10,4 TWh (3,6 Mt CO <sub>2</sub> )
	Impacto medioambiental: energía indirecta para la producción de papel consumido por los aparatos de impresión de imágenes, en TWh de electricidad y Mt equivalentes de CO <sub>2</sub> por año.	Indirecto (papel): 2010: 38,8 TWh (5,8 Mt CO <sub>2</sub> ) 2020: 42,8 TWh (6,4 Mt CO <sub>2</sub> ) 2030: 47,0 TWh (7,0Mt CO <sub>2</sub> )
Art. 15.2.c)	Posibilidades de mejora frente a la hipótesis de <i>statu quo</i> en el mismo año (aplicando tecnologías rentables existentes, subopción voluntaria) expresadas en las mismas unidades que anteriormente	Energía directa (mejora de la eficiencia): 2020: 7,9 TWh (4,1 MT CO <sub>2</sub> ) 2030: 9,1 TWh (4,3 MT CO <sub>2</sub> ) Energía indirecta (duplexado e impresión «N por cara»): 2020 7,1 TWh (1,1 MT CO <sub>2</sub> ) 2030 7,8 TWh (1,1 MT CO <sub>2</sub> )

- Casi el 50 % de los hogares españoles disponen de una impresora asociada a un ordenador personal (IDEA, 2011)<sup>9</sup>. Si bien se ha incrementado el uso de este tipo de periféricos consecuencia de los nuevos modelos de relación laboral y educativa introducidos por la presencia de la COVID-19, en los dos últimos trimestres del año se ha producido un descenso del número de ventas debido a las dificultades de suministro, afectando especialmente a los circuitos impresos, pero también a la provisión de materias primas esenciales (metales, plásticos, etc.). No obstante, una vez superado este problema, se prevé un crecimiento moderado dentro del segmento.
- Es un producto que será incorporado en los próximos años en el índice de reparabilidad francés. En este sentido, y como ya se describió en el «Estudio de obsolescencia de productos» (apartado 1.3), de manera similar al índice francés, el Ministerio de Consumo trabaja ya en el Índice de Reparabilidad, una clasificación de los electrodomésticos y aparatos electrónicos según diferentes variables, como la disponibilidad de piezas de reemplazo o la facilidad en el desmontaje, que se traducirá en un sello con una nota (de 0 a 10) que se encontrará en lugar visible en el embalaje del producto, de manera similar a lo que ya ocurre en Francia, donde funciona desde enero de este año.

<sup>9</sup> IDAE (2011). 'Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable'. Proyecto para el Ministerio de industria, turismo y comercio. Disponible en: [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11406\\_Guia\\_Practica\\_Energia\\_3ed\\_A2010\\_509f8287.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11406_Guia_Practica_Energia_3ed_A2010_509f8287.pdf)

- Según datos, en 2019 se pusieron en mercado 5.609.112 cartuchos de impresión y tóner (1.047,8 t) para uso doméstico, frente a los 3.189.008 para uso profesional (712,2 t)<sup>7</sup>. Los residuos de estos productos se acogen a la legislación de RAEE y son considerados peligrosos, dado su contenido en sustancias tóxicas y su alta capacidad contaminante.

### 3.1.2. Contexto y antecedentes

Las impresoras son dispositivos periféricos de salida que permiten reproducir en un medio físico (normalmente papel) textos e imágenes en formato electrónico mediante el empleo de tinta líquida o sólida.<sup>10</sup> Según la OCU los equipos de uso doméstico más habituales entre los consumidores son las impresoras multifunción de inyección de tinta o láser, que permiten la impresión y el escaneado a color y, en algunos casos, copia y fax<sup>11</sup>.

La historia de este aparato se remonta a la revolución industrial con los planos de Charles Babbage, matemático e ingeniero británico, inventor de las máquinas calculadoras programables y considerado el padre de los computadores digitales.

En 1935, C. Carlson inventa la xerografía (fotografía electrónica) y más tarde funda la empresa *Xerox*. Descubre un material fotoconductor que se carga de electricidad estática solo en las zonas iluminadas, lo que le lleva a desarrollar la fotocopiadora.

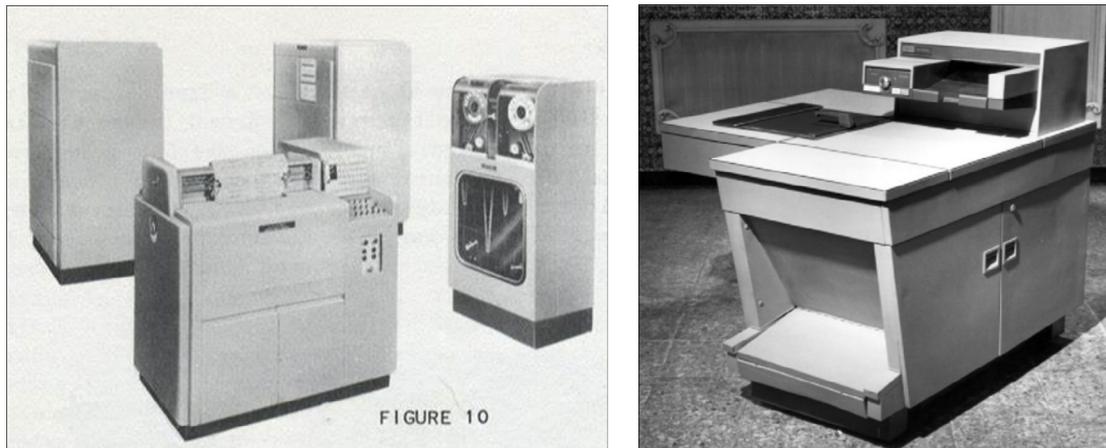
En 1953 aparece la primera impresora eléctrica de alta velocidad la *UNIVAC High Speed Printer* fabricada por Remington-Rand. La máquina dispone de 4 rodillos y es capaz de escribir más de 600 líneas por minuto (**Figura 1**).

La era de la impresión matricial (impresora de matriz de punto) llega en 1957 por parte de IBM con un mecanismo que se desplaza de izquierda a derecha sobre la página (similar al funcionamiento de la máquina de escribir), imprimiendo por impacto, al oprimir una cinta de tinta contra el papel. Dos años después, en 1959 se crea la primera fotocopiadora automática: la *Xerox 914* con más de 7 copias por minuto (**Figura 1**) y seguidamente surge la primera mini-impresora *EP-101* (EPSON).

---

<sup>10</sup> <https://es.wikipedia.org/wiki/T%C3%B3ner>

<sup>11</sup> Organización de Consumidores y Usuarios (2021). 'Elegir una impresora'. Disponible en: <https://www.ocu.org/tecnologia/impresora/guia-compra/analisis-impresoras>



**Figura 1.** UNIVAC High Speed Printer (izq.) y Xerox 914 (der.).

**Fuente:** <https://impresoras-adgs.blogspot.com/2015/10/historia-y-evolucion-de-la-impresora-la.html> y <https://www.etiquetas.com.br/wp-content/uploads/2017/05/xerox-modelo-914.jpg>

En 1971, Xerox desarrolla la impresora láser que permitía imprimir no solo textos sino también imágenes. Años después sigue la evolución con la introducción de impresoras a color a través de la empresa Canon hasta que, en 1976, se inventa la impresora de inyección de tinta, orientada al pequeño comercio y hogar.

A lo largo de las décadas de los 80 y los 90 van apareciendo distintas innovaciones en el mundo de las impresoras: la impresora láser a color (*Ricoh color 5000*), las impresoras conectadas en red (*HP LaserJet III*) y la primera impresora multifunción capaz de imprimir, fotocopiar y enviar faxes. Posteriormente se introducen modelos más compactos que permitirían la impresión a doble cara, el escaneado, la conexión con puertos USB y la posibilidad de mandar email hasta llegar a las impresoras 3D de hoy en día, que han supuesto una revolución en la arquitectura o el sector sanitario (**Figura 2**).



**Figura 2.** HP LaserJet III de 1990 (izq.) e impresora de tinta HP DeskJet 3720 del año 2016.

**Fuente:** <http://mj-printers.com/III.jpg> y <https://www.hp.com/es-es/home.html>

Es igualmente interesante hacer una breve mención a la tinta, cuyo origen es muy anterior a las impresoras, pero que han evolucionado conjuntamente desde que estas aparecieron.

Las tintas son sustancias que, aplicadas a un soporte físico, reproducen sobre éste la imagen de la forma impresora. En general todas las tintas poseen una fase sólida, discontinua y formada por los pigmentos o colorantes, que son los responsables del color de la tinta; y una fase líquida, continua, más o menos viscosa, conocida como vehículo, barniz o aglutinante. Adicionalmente, las tintas también incluyen pequeñas proporciones de aditivos que confieren a la tinta características determinadas según las necesidades del sistema de impresión o el soporte.

Aunque a mediados del siglo III los asiáticos ya utilizaban tintas naturales para imprimir con tacos de madera tallados y dar relieve a las zonas de una imagen, las tintas de impresión propiamente dichas surgen con la invención de la imprenta en 1450 y es, a partir de este momento, cuando se hacen indispensables junto al papel.

La tinta se fabricaba en los mismos talleres de impresión y su composición formaba parte del secreto profesional de los artesanos, pero durante el siglo XVII los propios impresores no dan abasto por la alta demanda del mercado y empiezan a proliferar nuevos fabricantes de tintas. A finales del siglo XVIII se empiezan a fabricar nuevos pigmentos que proporcionaban una mayor gama de colores imprimibles y en el siglo XIX nacen los sistemas de impresión basados en tintas líquidas (Flexografía y huecograbado) y se empiezan a fabricar tintas con disolventes volátiles para el secado por evaporación, siendo la Anilina el primer disolvente utilizado.

A lo largo de los siglos XX y XXI avanzan los conocimientos de los distintos sistemas de impresión y se obtienen materias primas más idóneas para cada uno de ellos, sintetizando los compuestos de las diferentes tintas en laboratorio.

### **3.1.3. Tipos de impresoras**

Las impresoras pueden clasificarse de diferentes maneras según su utilidad, el tipo de impresión, su funcionalidad, etc.

Según su utilidad las impresoras pueden ser para uso doméstico o profesional. Normalmente las de uso profesional tienen un amplio abanico de aplicaciones que incluye desde las aplicaciones textiles hasta las fotográficas. Se caracterizan por ser de mayor tamaño, requieren de mantenimientos periódicos especializados y demandan un mayor consumo de energía, papel y consumibles, dado su mayor volumen de trabajo.

Respecto al tipo de impresión se pueden clasificar en impresoras de inyección de tinta e impresoras láser, cada una con una tipología de cartuchos asociados: cartuchos

de tinta y tóner láser. El cartucho de inyección de tinta contiene tinta líquida que se aplica directamente sobre el papel, siendo más habituales en hogares y pequeñas oficinas. Por el contrario, el tóner láser contiene polvo sólido que se calentará durante la impresión, para que se derrita y se adhiera al papel (véase [apartado 3.1.4](#)).

Estos dos tipos de impresora se clasifican a su vez por la escala de color a la que pueden imprimir:

- Impresoras monocromáticas: que solo pueden imprimir en un color, que por norma general suele ser el negro.
- Impresoras multicolor: las impresoras de inyección de tinta utilizan, además del negro, tres cartuchos de color (o uno solo si van solapados): uno con el color amarillo, otro para el cian y otro para el magenta, a partir de los cual se puede imprimir cualquier color. Estas son las más habituales para el consumidor.

Las impresoras multifunción permiten integrar una amplia variedad de tareas en un solo dispositivo que, además de imprimir, pueden incluir escáner, fotocopidora, fax, lector de tarjetas SD, puertos USB y otros elementos para mejorar su conectividad, como Bluetooth y Wifi.

Por último, merece la pena hacer mención a las impresoras 3D, que han revolucionado el concepto de impresión al permitir imprimir todo tipo de objetos a partir de un diseño previo. Las aplicaciones van desde el campo de la medicina, con la construcción de prótesis y otros elementos similares, a los sectores industriales que requieren piezas específicas para su funcionamiento.

Aunque, además de las citadas, existen muchos tipos de impresoras, las más comunes son las impresoras de inyección de tinta y las impresoras láser.

### 3.1.4. *Funcionamiento y partes constituyentes*

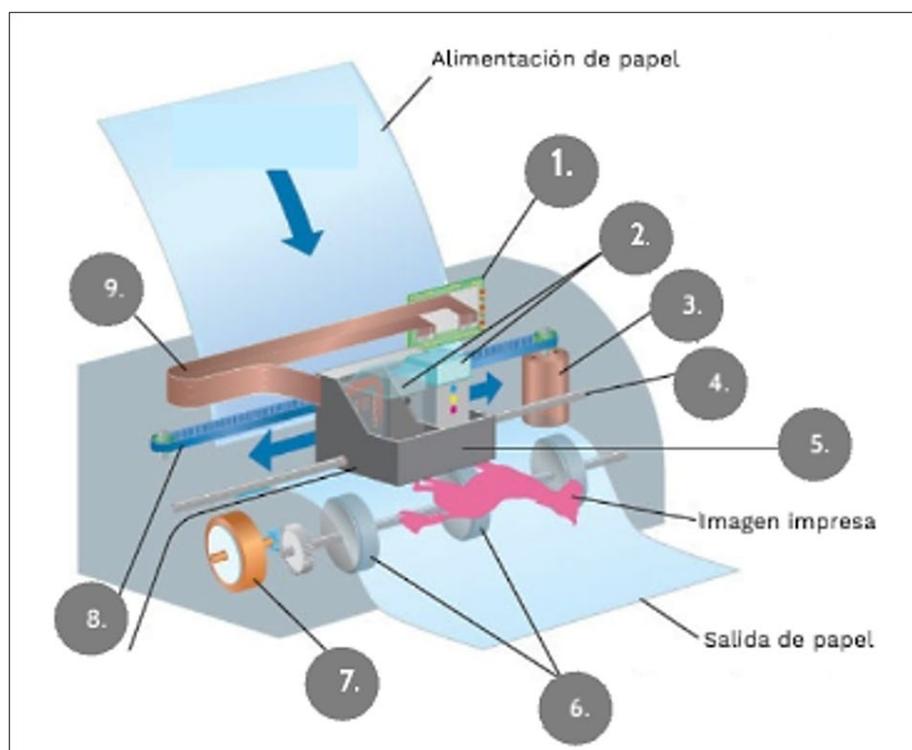
#### 3.1.4.1. *Impresoras de inyección de tinta*

Las impresoras de inyección de tinta suelen presentar una baja velocidad de impresión y su resolución media se encuentra entre los 600 dpi<sup>12</sup>. La tinta es emitida por boquillas que se encuentran en el cabezal de impresión, pero sin que haya contacto con el papel (**Figura 3**).

El cabezal de impresión expulsa la tinta mientras recorre la página en franjas horizontales usando un motor para moverse lateralmente y otro para pasar el papel en pasos verticales. Cuando llega al final de la primera franja, el papel se desplaza y el cabezal

<sup>12</sup> Del inglés *Dots Per Inch* (Puntos por pulgada «*ppp*» en español).

se coloca al inicio de la siguiente franja. Esto ocurre sucesivamente hasta completar la impresión de la página. Para acelerar el proceso, la cabeza impresora no imprime sólo una simple línea de píxeles en cada pasada, sino que también imprime una línea vertical de píxeles al mismo tiempo.



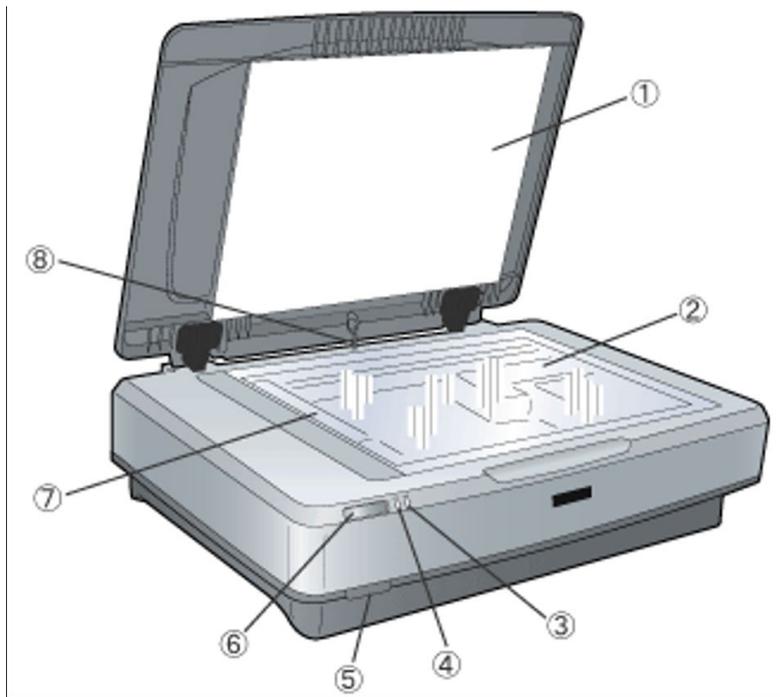
**Figura 3.** Partes internas de una impresora.

1) Circuitos de control; 2) Cartuchos de tinta; 3) Motor paso a paso del cabezal de impresión; 4) Barra estabilizadora; 5) Cabezal de impresión; 6) Rodillos de avance de papel; 7) Motor de alimentación de papel; 8) Correa dentada para acoplar el motor al cabezal de impresión; 9) Cable plano.

**Fuente:** [https://prezi.com/p/gfpwww\\_pp9qn/partes-impresora-inkjet/](https://prezi.com/p/gfpwww_pp9qn/partes-impresora-inkjet/)

Las partes externas de la impresora están constituidas por las bandejas de entrada y salida en las que se ubica el papel, todas las cubiertas y carcasas externas, el conector, el puerto USB, el puerto Centronics, los interruptores y puertos de red, etc.

En el caso de impresoras multifunción que cuentan con escáner, también existen las piezas que se enumeran en la **Figura 4**. Un escáner es una unidad acoplada al dispositivo utilizada para convertir originales en papel (o similares) en imágenes electrónicas que se pueden almacenar, editar, convertir o transmitir, principalmente con el propósito de procesar datos en un ordenador.



**Figura 4.** Partes de un escáner.

1) Cubierta para documentos; 2) Superficie óptica de vidrio para el escaneado de documentos; 3) y 4) Indicador luminoso de error y preparado; 5) y 6) Botones de activación e inicio; 7) Carro de escáner; 8) Sensor de cubierta.

**Fuente:** [https://support.epson-europe.com/onlineguides/es/exp10000xl/ref\\_g/parts\\_2.htm](https://support.epson-europe.com/onlineguides/es/exp10000xl/ref_g/parts_2.htm)

Las tintas utilizadas por estas impresoras son las llamadas «tintas de secado rápido» y están constituidas a base de colorantes. Se caracterizan por los vivos colores que pueden reproducir en el papel de forma casi inmediata y por su facilidad de mezclarse con los otros colores para crear el infinito espectro colorimétrico de los sistemas informáticos. Este tipo de tinta es la más demandada en el mercado y se utiliza en la mayoría de las impresoras, puesto que se trata de una solución que realza el color y tiene pocos pigmentos.

Sin embargo, también tienen desventajas, como la pérdida de color en ambientes húmedos (especialmente los tonos que derivan del amarillo), puesto que las partículas de esta tinta se solubilizan con el agua. También son sensibles a la oxidación, por lo que los colores se desvanecerán rápidamente si los documentos se exponen a la radiación solar<sup>13</sup>.

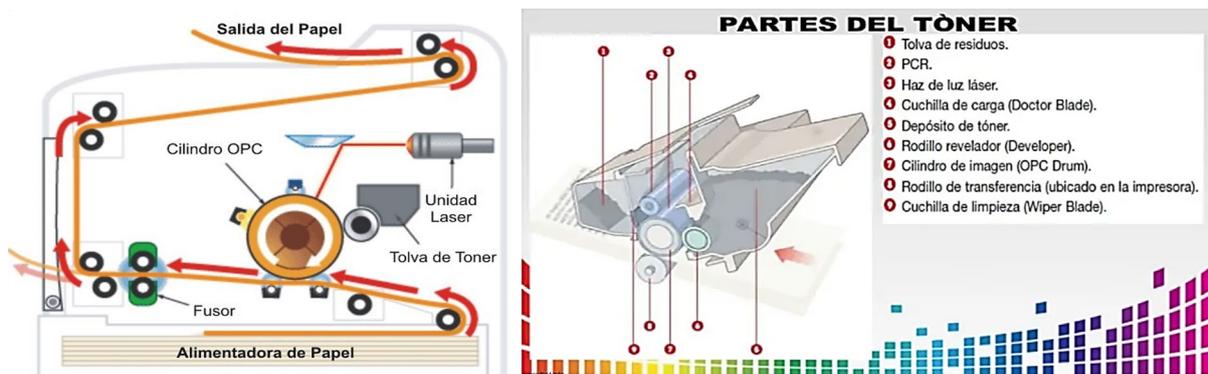
#### 3.1.4.2. Impresora láser mediante tóner

La impresora láser suele utilizarse en el ámbito empresarial y, en menor medida, en el doméstico. Realizan impresiones en grandes cantidades, a gran velocidad y de muy buena calidad.

<sup>13</sup> <https://www.a4toner.com/blog/tintas-de-impresora/>

El mecanismo electromecánico de la impresora láser (**Figura 5**) se encarga de arreglar la hoja de papel en base a los datos recibidos de acuerdo a las especificaciones de la impresión que seleccionó el usuario. En esta etapa el cilindro fotoconductor se carga estáticamente por un rodillo externo. El láser de la impresora incide en el cilindro sobre aquellas partes que no serán impresas, como por ejemplo las secciones en blanco sobre el papel, formando la imagen a imprimir con los puntos ionizados. La tinta del depósito de la impresora láser, que está cargada eléctricamente, se adhiere a las zonas ionizadas o, dicho de otra forma, se adhiere únicamente a los puntos que deben ser impresos.

En esta parte, la tinta es traspasada al papel cuando este pasa entre el rodillo de transferencia y el cilindro fotoconductor que, al tener una carga contraria, atrae la tinta al papel, pero no la adhiere hasta que el fusor aplique temperatura. Para ello, la impresora cuenta con un calentador cerámico que funde la tinta y emplea presión para que se adhiera al papel, obteniendo una impresión rápida y precisa.



**Figura 5.** Partes internas de una impresora láser y de un tóner.

**Fuente:** Color Premium (<https://colorpremium.es/funciona-una-impresora-laser/>).

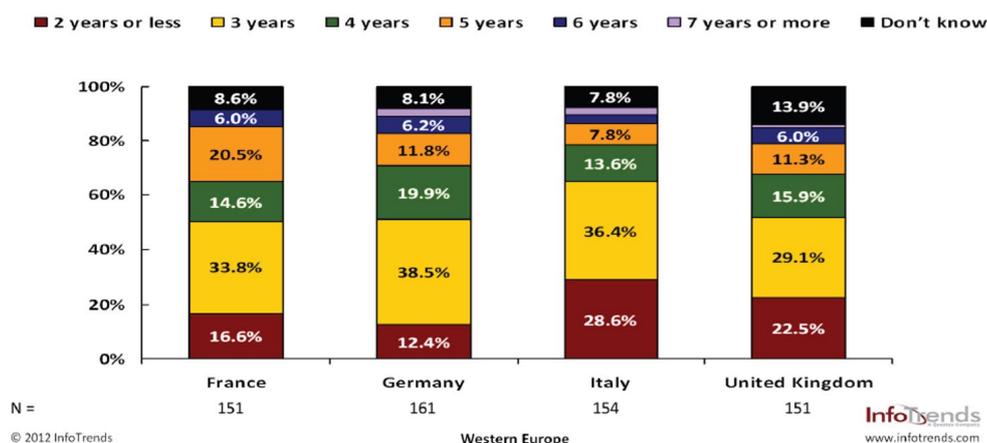
### 3.2. Principales causas de la obsolescencia

En la categoría multimedia, las impresoras ocupan el segundo lugar, por detrás de los ordenadores, en productos considerados como «problemáticos» por el consumidor, siendo objeto continuado de rumores sobre la vulnerabilidad del usuario frente a estrategias de obsolescencia planificada de las grandes compañías del sector, tanto en la propia impresora como en los cartuchos de tinta. Aunque el estudio más exhaustivo para determinar las posibles causas de la obsolescencia en las impresoras fue el desarrollado por la Agencia Federal de Medio Ambiente alemana, que incluyó pruebas independientes de los productos (elaboradas por la asociación de consumidores *Stiftung Warentest*<sup>14</sup>) y encuestas a expertos y consumidores por internet, lo cierto

<sup>14</sup> Influence of the service life of products in terms of their environmental impact: Establishing an information base and developing strategies against «obsolescence». Disponible en: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/influence-of-the-service-life-of-products-in-terms>

es que son relativamente pocos los estudios científicos que han abordado de forma sistemática las posibles causas de la obsolescencia prematura en los productos.

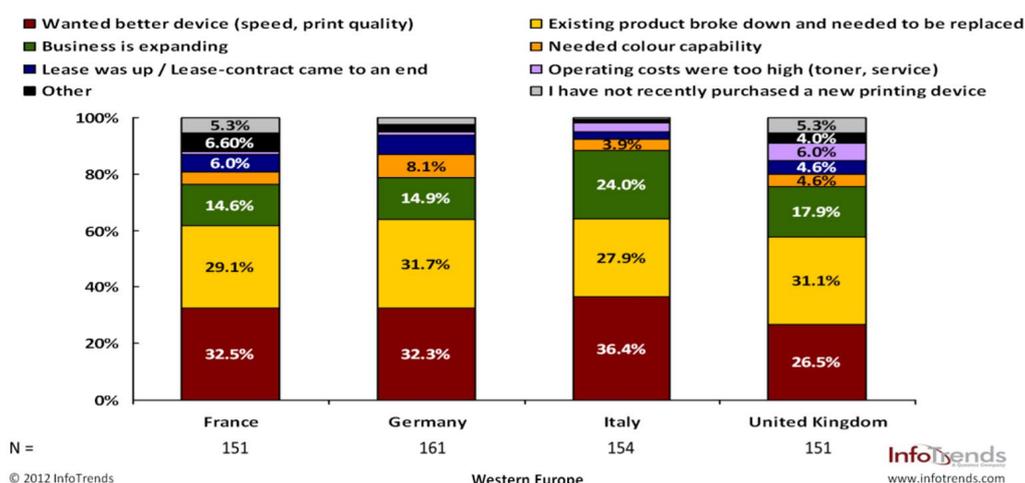
Pese a ello, un estudio de investigación de 2012 elaborado por Keypoint Intelligence e InfoTrends<sup>15</sup> mediante encuestas a empresas de cuatro países europeos (Alemania, Francia, Italia y Reino Unido) constató que el tiempo de reemplazo de los dispositivos de impresión mayoritario oscilaba entre los 3 años de media (**Figura 6**).



**Figura 6.** Resultados de la encuesta a empresas europeas sobre el tiempo de reposición de sus dispositivos de impresión.

**Fuente:** Keypoint Intelligence (2018)<sup>15</sup>.

Respecto a las causas, los encuestados apuntaron a la necesidad de comprar un dispositivo de mejores características y a la necesidad de reemplazo por avería o rotura (**Figura 7**).



**Figura 7.** Resultados de la encuesta a empresas europeas sobre los motivos de reemplazo de sus dispositivos de impresión.

**Fuente:** Keypoint Intelligence (2018)<sup>15</sup>.

<sup>15</sup> Keypoint Intelligence (2018) «Printer Lifecycle. White paper. How many pages are expected?» from Marlene Orr. Director of Printer and MFP Analysis. Disponible en: [https://www.eurovaprint.eu/fileadmin/eurovaprint\\_files/pdfs/2018/Printer\\_Lifecycle\\_White\\_Paper\\_051814\\_.pdf](https://www.eurovaprint.eu/fileadmin/eurovaprint_files/pdfs/2018/Printer_Lifecycle_White_Paper_051814_.pdf)

Otro importante estudio en el ámbito europeo fue el elaborado en 2017 por la HOP (*Halte à l'Obsolescence Programmée*)<sup>16</sup>, que recogió las principales causas de obsolescencia programada en impresoras, y que se desarrollan en los siguientes apartados.

### 3.2.1. Obsolescencia económica

Se entiende por obsolescencia económica la pérdida de las propiedades útiles de un producto porque los costes de los insumos de recursos necesarios para mantener o reparar el producto son excesivos o porque la diferencia con el coste de un nuevo producto es desfavorable. Las razones pueden ser los cortos ciclos de desarrollo de los productos, la rápida caída de los precios, el diseño poco favorable a la reparación, los altos costes de reparación o la falta de piezas de repuesto, necesidad de herramientas especiales y servicios de reparación, así como el elevado coste de los consumibles.

Según la Agencia de Medio Ambiente Alemana se puede tratar de una estrategia comercial donde el precio de la impresora es relativamente bajo frente al coste de los cartuchos de tinta (**Tabla 2**). Por otro lado, el mismo informe señala que los proveedores de consumibles alternativos más baratos, han aumentado su cuota de mercado. Aunque la calidad de la tinta es motivo de controversia, las tintas alternativas pueden dar resultados satisfactorios en las pruebas de calidad y, a veces, incluso hacerlo mejor que las tintas originales, ya que a menudo son tan resistentes a la decoloración a la luz del sol como las tintas originales. Pero, en general, la calidad de impresión más alta se logra con las tintas originales del fabricante. Si las tintas de terceros son de peor calidad, es importante sopesar los posibles ahorros frente a la pérdida de calidad o incluso de durabilidad del dispositivo.

**Tabla 2.** Coste de tinta y tóner para proveedores originales y otros.  
**Fuente:** Agencia Alemana del Medio Ambiente.

Tipo	Coste de texto por página (cts. €)		Coste por fotocopia en papel A4 (cts. €)	
	Original	Otros	Original	Otros
Tinta	5.5	2.7	152.1	62.8
Tóner	4.0	2.3	97.5	56.7

En este sentido la misma Agencia incide en que no hay motivos para temer la pérdida de la cobertura de la garantía como resultado del uso de cartuchos alternativos, salvo que se pueda demostrar que los daños fueron causados por el cartucho alternativo.

<sup>16</sup> HOP (2017). «*Imprimantes: cas d'école d'obsolescence programmée? Rapport d'enquête sur les enjeux et solutions en matière d'imprimantes et cartouches*». Disponible en: <https://www.halteobsolescence.org/wp-content/uploads/2017/09/Rapport-HOP-1.pdf>

En tal caso, también sería posible presentar quejas y reclamar garantías al fabricante del cartucho alternativo. Los cartuchos alternativos no están disponibles para todas las impresoras pues es más difícil producir una alternativa si el cartucho original contiene un chip contador de gotas o si está protegido por patente.

Según un estudio de la OCU donde se encuestó a 1.000 consumidores, si el aparato tiene más de 8 años, no existe ningún interés en su reparación. Además, y especialmente en el caso de las impresoras, aunque el producto sea más moderno, pero económicamente suponga el 30 % del precio que costó en el inicio, tampoco suele repararse. Los datos del Barómetro de Obsolescencia Prematura realizado también por la OCU, indican que 4 de cada 10 productos que fallan no se intentan reparar en España. Según los datos, las principales causas por las que deciden no reparar es por el factor económico (**Figura 8**).



**Figura 8.** Principales causas por las que no se reparan los productos.

Fuente: OCU<sup>17</sup>.

En el estudio de Tecchio *et al.* (2016)<sup>18</sup>, también se identificaron las razones por las que los dispositivos no fueron reparados. La figura ofrece una visión general de los

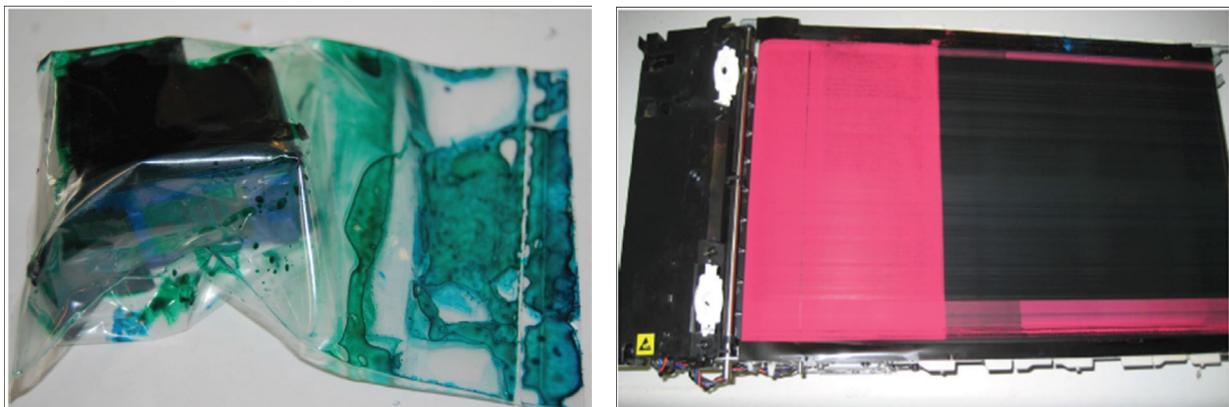
<sup>17</sup> OCU (2020), *¿Cuáles son los aparatos que más se estropean?* Disponible en: <https://www.ocu.org/consumo-familia/derechos-consumidor/noticias/datos-barometro-obsolescencia>

<sup>18</sup> Tecchio, P., Ardente, F. & Mathieux, F. (2016). *Analysis of durability, reusability and reparability*. Disponible en: <https://doi.org/10.2788/51992>

dispositivos no reparados, con detalles de las razones de cada modo de fallo principal. Se destaca en este punto, que, aunque en la mayoría de los casos, las reparaciones eran posibles, el cliente las consideraba demasiado costosas (78 % de los servicios de reparación considerados). Sólo en el 15 % de los casos, la reparación se clasificó como técnicamente inviable, mientras que únicamente en el 7 % de los casos considerados se informó de una reparación inviable.

En el caso de las impresoras de uso doméstico, la obsolescencia económica se considera la principal causa de desecho de este dispositivo. Esto es debido a que los precios de una impresora básica parten, como mínimo, de 50 € en las impresoras de inyección de tinta, y de 100 € en las láser. Sin embargo, un juego completo de cartuchos de tinta líquida de los 4 colores cuesta, como mínimo, otros 50 €, pero alcanza casi los 100 € por tóner láser. Estos precios ocasionan que el consumidor opte por consumibles no originales y apueste por los genéricos o reciclados (usados recargados), cuyo precio puede ser incluso inferior al 50 % respecto al original.

En ocasiones estos cartuchos son «clones» de reacondicionados que infringen patentes y normas de calidad, especialmente si proceden de Asia u otros países del este. Con frecuencia estos clones diseñados para ser compatibles en determinados modelos de impresora no cumplen los estándares mínimos de calidad exigidos por los fabricantes o no son compatibles al 100 % por lo que a la larga pueden ocasionar problemas en los dispositivos, siendo el coste de la reparación normalmente superior al precio de compra del original (**Figura 9**).



**Figura 9.** Cartucho de tinta cian de terceros que se desparramó de su envase antes incluso de extraerlo del embalaje (izq.) y unidad de transferencia de una impresora láser a color dañada por una fuga de tóner de un cartucho magenta de terceros (der.).

**Fuente:** Keypoint Intelligence (2018)<sup>15</sup>.

### 3.2.2. *Obsolescencia técnica o funcional*

Es junto a la obsolescencia económica la principal causa de desuso o desecho de impresoras multifunción. Este tipo de obsolescencia está asociada a la vida útil del

aparato y a las causas por las que este deja de funcionar o sufre una pérdida de calidad en el servicio o actividad que ofrece. Según el informe realizado por la HOP «*Imprimantes: cas d'école d'obsolescence programmée?*»<sup>16</sup>, los problemas funcionales más comunes entre los usuarios que pueden llevar a la sustitución de impresoras son: atascos de papel, encendido erróneo, desalineación de líneas de texto y colores, color de impresión pobre, borroso o con manchas de tinta, sustitución de consumible inútil, devolución de una página en blanco tras la impresión, etc.

Mientras que el informe «*Influence of the service life of products in terms of their environmental impact: Establishing an information base and developing strategies against «obsolescence»*» manifiesta como uno de los ejemplos más llamativos es la denominada «muerte programada» de las impresoras de tinta, donde superado el período de garantía y traspasado un umbral de impresiones, el software impide continuar con su funcionalidad para evitar el derrame accidental de tinta al desbordarse los depósitos o almohadilla absorbente de tinta residual tras la liberación de tinta durante la limpieza de los chorros del cabezal. En un elevado número de casos no existe un sensor en el depósito o almohadilla, sino que se mide de forma indirecta a través de un contador de páginas impresas. Si bien, este mensaje de error no supone un motivo de obsolescencia, los consumidores no conocen las opciones de cambio de la almohadilla o el volumen limitado del depósito en comparación con modelos de mayor precio.

Este mismo informe señala como pieza crítica que determine la vida útil del equipo, los cabezales de impresión que deben ser reemplazados cada cierto número de copias para mantener la calidad de la impresión. En algunos modelos no se puede reemplazar y en otros debe ser cambiado por un especialista en caso de estar instalados en la impresora, pero si se localizan en el cartucho, permite alargar la vida útil de todo el equipo, si bien incrementa el coste del consumible.

La obsolescencia técnica no solo afecta a la funcionalidad de los elementos internos de la impresora, también se considera cuando los repuestos se vuelven inaccesibles o se retiran del mercado, por ejemplo: la inclusión de elementos que indican engañosamente que la tinta se ha agotado y el bloqueo de las impresoras cuando todavía queda líquido en el cartucho.

En este sentido, tan solo dos años después de que el parlamento francés aprobara la ley contra la obsolescencia programada, cuatro fabricantes de impresoras (HP, Canon, Epson y Brother) fueron demandados por la asociación ambiental Halte à l'Obsolescence Programmée (*Stop Planned Obsolescence*) por la utilización de técnicas electrónicas diseñadas para reducir la vida útil de los cartuchos cuando aún restaba aproximadamente un 20 % de tinta.

Otro ejemplo más reciente es el que afecta al fabricante estadounidense Canon, al que se le ha interpuesto una demanda por obligar a los consumidores a comprar

tinta para poder usar el escáner de sus impresoras, ya que estos dejan de funcionar cuando el dispositivo detecta que se ha agotado la tinta. La demanda afirma que Canon emplea técnicas de publicidad engañosa al promocionar la compra de estas impresoras como dispositivos «multifunción», capaces de imprimir, copiar y escanear por separado. Que se necesite tinta para escanear supone que al menos una función no está disponible de manera independiente<sup>19</sup>.

Además, de los fallos señalados, en este tipo de obsolescencia se engloban los problemas funcionales asociados a las actualizaciones del software o firmware. La actualización del software de una impresora puede ser de difícil acceso o instalación especialmente en los equipos más antiguos, en los que puede llegar a requerir el uso del servicio técnico o incorporar un coste asociado. Una vez implantada la nueva actualización del software esta puede no funcionar correctamente (normalmente el driver relacionado con la conectividad wifi es un problema común), estar limitada la duración del soporte técnico en comparación con la duración real del uso o la pérdida de funciones por incompatibilidades de formato entre versiones de software antiguas y nuevas. Por otro lado, la actualización del software del ordenador, puede generar que la impresora no sea reconocida por el ordenador y la aparición de mensajes de error o alarmas reiterativos.

Uno de los ejemplos más sonados de este tipo de obsolescencia ha sido el de las impresoras HP que bloquean los cartuchos que no sean los originales de HP: tras una actualización de firmware global y sin previo aviso, los usuarios de estas impresoras se encontraron con mensajes de error al tratar de imprimir con cartuchos compatibles de terceros, obligándoles, en el mejor de los casos, a comprar los cartuchos originales de HP (más caros) o a tener que cambiar de impresora.

En noviembre de 2020, la Autoridad Antimonopolio italiana, basándose en la Directiva sobre prácticas desleales en la Unión Europea, concluyó que HP era responsable de estas prácticas engañosas y desleales y fue sancionada con una multa de 10 millones de euros<sup>20</sup>. Esto ha motivado que la OCU, a través de Euroconsumers y junto con las organizaciones análogas de Bélgica (*Test Achats*), Brasil (*Proteste*), Italia (*Altroconsumo*) y Portugal (*DECO*), reclamen a HP el pago de hasta 150 € a los consumidores afectados por daños y perjuicios causados por la incompatibilidad de sus impresoras con cartuchos de terceros tras la instalación del mencionado firmware, tal como ha ocurrido en Estados Unidos, en donde HP ha aceptado compensar a cada demandante con entre 100 y 150 \$<sup>21</sup>.

<sup>19</sup> <https://www.eleconomista.es/tecnologia/noticias/11442039/10/21/Canon-demandada-por-obligar-a-comprar-tinta-para-poder-usar-el-escaner-de-la-impresora.html>

<sup>20</sup> [https://www.dirittodelrisparmio.it/wp-content/uploads/2020/12/AGCM\\_PS11144\\_scorrsanz\\_omidichrett.pdf](https://www.dirittodelrisparmio.it/wp-content/uploads/2020/12/AGCM_PS11144_scorrsanz_omidichrett.pdf)

<sup>21</sup> OCU (2021). *OCU pide a HP que indemnice a los propietarios de impresoras con hasta 150 euros*. Disponible en: <https://www.ocu.org/organizacion/prensa/notas-de-prensa/2021/hp030521>

### 3.2.3. *Obsolescencia material*

Una de las causas de obsolescencia común entre los dispositivos electrónicos multifunción domésticos es la de usar materiales de baja calidad (normalmente plásticos), el empleo de diseños obsoletos o dejar de producir repuestos al poco tiempo de haber lanzado un producto al mercado.

En el caso de las impresoras, como ocurre en muchos otros pequeños AEE domésticos, esta obsolescencia no se pone de manifiesto hasta que el producto excede la garantía expedida por el fabricante. Dada la velocidad a la que se actualizan estos dispositivos no es raro que resulte complicado obtener piezas para reparar una impresora de más de 4 o 5 años que, muy posiblemente, esté ya descatalogada del mercado.

Las carcasas y demás plásticos estructurales de las impresoras están confeccionados para que su vida útil se desarrolle dentro de unas condiciones ambientales controladas y equilibradas, como puede ser un hogar o una oficina, por lo que, en principio, no sufren ningún tipo de obsolescencia material. Otra cuestión es si la impresora está próxima a una ventana y, por tanto, expuesta a la radiación solar o humedad o junto a una fuente de calor (radiador). En estos casos la calidad de estos plásticos se verá diezmada con mayor celeridad (aunque esto depende más de una mala praxis del usuario que de la obsolescencia material en sí misma).

De la misma forma, los AEE que están expuestos a ambientes en los que no se elimina correctamente el polvo del ambiente pueden llegar a sufrir (con el tiempo y la suficiente acumulación) problemas de sobrecalentamiento en algunas de sus partes electrónicas, que pueden incluso llegar a quemarse.

### 3.2.4. *Obsolescencia psicológica*

La obsolescencia psicológica, también conocida como obsolescencia estética o cultural, es aquella que se manifiesta cuando el producto deja de ser atractivo o se convierte en «menos deseable» en términos de estilo, diseño o debido a ofertas especiales, a pesar de que el producto que se posee no presente desgaste o errores en su funcionalidad. Este tipo de obsolescencia se origina de manera subjetiva donde el usuario cambia la percepción del producto en base a la experiencia adquirida, estatus social, moda o calidad estética<sup>22</sup>.

Según un informe de 2018 de la organización medioambiental canadiense «Équiterre», existen diferencias sobre la predominancia de la obsolescencia psicológica de un producto en base a la gama a la que pertenezca el mismo. Se estudió que el reemplazo de AEE, debido a factores de diseño o moda, era más frecuente en productos

<sup>22</sup> Tim Cooper. (2004), «*Inadequate Life? Evidence of Consumer Attitudes to Product Obsolescence*». *Journal of Consumer Policy*, 27, 421–449.

de gama alta, sin embargo, en aquellos de gama media o baja, la obsolescencia predominante era la funcional<sup>23</sup>.

Según la OCU la obsolescencia psicológica no se encuentra entre las principales causas de sustitución de impresoras por los usuarios. Por lo tanto, aunque en algunos consumidores puede influir la obsolescencia psicológica a la hora de adquirir un nuevo producto, no se puede precisar el grado de importancia de ésta para el caso de este producto, ya que las evidencias apuntan más hacia otros tipos de obsolescencia como motivo de reemplazo de impresoras.

### 3.3. Ciclo de Vida medio esperado

El ciclo de vida medio real de una impresora está íntimamente relacionado con el correcto uso de la misma por parte del usuario. Es cierto que esto es una constante en los dispositivos electrónicos, pero quizá es incluso más acentuado en las impresoras.

Dos parámetros relevantes en el ciclo de vida medio de una impresora y que se deben anunciar en las especificaciones técnicas que proporciona el fabricante son el ciclo mensual de impresión y el volumen de impresión recomendado por el fabricante. Estos dos valores son muy importantes para el usuario ya que proporcionan una visión del tipo de impresora que se ha adquirido y de las cargas de trabajo que puede soportar.

- El **ciclo mensual de impresión** es la cantidad de páginas que puede generar la impresora de manera mensual teniendo en cuenta factores como velocidad de impresión, tamaño de papel y temperatura del dispositivo (en base a la resistencia de sus componentes), porque llegado a cierto punto la impresora puede recalentarse y fallar.
- El **volumen de impresión mensual recomendado** es la cantidad de páginas que puede generar la impresora sin afectar la vida útil del aparato, es decir, una especie de margen de seguridad en el cual se garantiza que al producto se le está dando el uso adecuado.

Normalmente las impresoras de la gama hogar tienen un ciclo de impresión mensual máximo de aproximadamente 1000 páginas, pero un volumen de impresión recomendado de entre el 20 y el 50 % de dicho valor. Es decir, se podrían imprimir 500 páginas o menos, sin que se comprometa la durabilidad o componentes del equipo<sup>24</sup>.

Si bien es cierto que, como se ha dicho, es un dato que facilita el fabricante, no todas las marcas lo hacen con la suficiente claridad que se les exigiría a dos parámetros tan importantes, por lo que dependiendo de la óptica desde la que se aborde esta cuestión podría incluso llegar a considerarse un tipo de obsolescencia.

<sup>23</sup> Èquiterre (2018), «*Obsolescence of home appliances and electronics: what is the role of consumer?*»

<sup>24</sup> <https://www.a4toner.com/blog/que-es-el-ciclo-mensual-de-impresion/>

Atendiendo al número de copias por minuto (ppm), los dispositivos profesionales «copiadores» (multifunción) se clasifican según los siguientes seis segmentos (**Tabla 3**):

**Tabla 3.** Clasificación de los dispositivos copiadores.

**Fuente:** <https://www.blogarama.com/technology-blogs/311359-freecopiersupportcom-communiy-copier-blog/20337786-segments-monthly-volume>

Clasificación	ppm	Uso
Segmento 1	11-20	Pequeñas oficinas y oficinas domésticas
Segmento 2	21-30	Pequeñas oficinas
Segmento 3	31-40	Pequeñas y medianas oficinas
Segmento 4	41-69	Medianas y grandes oficinas
Segmento 5	70-90	Oficinas muy grandes
Segmento 6	+91	Imprentas y copisterías comerciales

Según cálculos de *Buyers Laboratory*<sup>25</sup> en base a las especificaciones del fabricante, pruebas prácticas y estudios para cada tipo de dispositivo, el ciclo de vida promedio estimado de las impresoras a color y monocromáticas se recoge en las siguientes tablas (**Tabla 4** y **Tabla 5** respectivamente)<sup>15</sup>.

**Tabla 4.** Ciclo de vida promedio estimado en páginas para impresoras y dispositivos multifunción a color.

**Fuente:** *Keypoint Intelligence (2018)*<sup>15</sup>.

	Expected Printer Life in Pages (Average Range)
A3 Segment 4 colour laser	850,000 to 2,500,000
A3 Segment 3 colour laser	650,000 to 1,850,000
A4 Large Workgroup colour laser	500,000 to 1,800,000
A3 Segment 2 colour laser	475,000 to 1,350,000
A3 Pagemwide	375,000 to 1,575,000
A4 Medium workgroup colour laser	375,000 to 1,350,000
A4 Pagemwide	210,000 to 850,000
A3 Personal colour laser	175,500 to 650,000
A4 Small workgroup colour laser	155,000 to 750,000
Business inkjet	90,000 to 350,000
A4 Personal colour laser	90,000 to 300,000
Consumer inkjet	5,000 to 25,000

<sup>25</sup> Buyers Laboratory es una división de Keypoint Intelligence que proporciona información sobre la industria de la impresión. Atiende a fabricantes de equipos originales (OEM), distribuidores y consumidores comerciales, y proporciona informes sobre dispositivos como impresoras, dispositivos multifuncionales y fax, escáneres, dispositivos de gran formato y software de imágenes digitales. Sus productos incluyen informes de pruebas de laboratorio y de campo, bliQ, un repositorio de base de datos de información y herramientas como comparaciones, pruebas personalizadas para OEM y asesoramiento para consumidores comerciales.

**Tabla 5.** Ciclo de vida promedio estimado en páginas para impresoras y dispositivos multifunción monocromáticos.

**Fuente:** Keypoint Intelligence (2018)<sup>15</sup>.

	Expected Printer Life in Pages (Average Range)
A3 Segment 4 monochrome laser	750,000 to 3,950,000
A4 Large Workgroup monochrome laser	625,000 to 2,975,000
A43 Segment 3 monochrome laser	400,000 to 1,900,000
A4 Mid-size workgroup monochrome laser	395,000 to 1,580,000
A3 Segment 2 monochrome laser	225,000 to 950,000
A4 Small workgroup monochrome laser	225,000 to 800,000
A3 Personal monochrome laser	90,000 to 450,000
A4 Personal monochrome laser	60,000 to 400,000

Respecto a los impactos medioambientales de los equipos de impresión están asociados principalmente al consumo de papel<sup>26</sup>, el consumo de energía cuando el equipo está tanto en funcionamiento como en reposo, el uso de componentes peligrosos y la selección del material en el diseño del producto, y el consumo de recursos durante todo el ciclo de vida del producto, incluido el uso de tóner y cartuchos de tinta.

Según el estudio citado anteriormente de 2012<sup>6</sup>, la Comisión Europea estimó los ahorros totales en consumos energéticos, emisiones de CO<sub>2</sub> y costes que se podrían alcanzar en los horizontes 2020 y 2030 mediante un acuerdo voluntario del sector y la aplicación de los criterios de diseño ecológico a los equipos de impresión, lo que ya ponía de manifiesto el enorme potencial de mejora económico-ambiental de estos productos (**Tabla 6**).

<sup>26</sup> No analizado en el presente estudio.

**Tabla 6.** Ahorro generado por los aparatos de impresión en la EU-27 con arreglo a las distintas opciones, en comparación con la hipótesis de *statu quo*, para 2020 y 2030.

**Fuente:** Comisión Europea. SWD(2013) 14 final<sup>6</sup>.

Ahorro total (directo e indirecto -energía para la producción del papel, excluida la tinta) en 2020						
Respecto de la hipótesis de <i>statu quo</i> básica	Hipótesis de <i>statu quo</i> (niveles)		Voluntaria		Diseño ecológico	
	2020	2030	2020	2030	2020	2030
<b>Consumo energético (TWh)</b>						
Directo	9,13	10,40	7,92	9,07	5,56	6,31
Indirecto	42,75	49,99	7,12	7,83	6,54	7,83
<b>Total</b>	<b>51,88</b>	<b>57,39</b>	<b>15,04</b>	<b>16,91</b>	<b>12,10</b>	<b>14,15</b>
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> (Mt)</b>						
Directo	3,47	3,54	2,99	3,09	2,10	2,15
Indirecto	6,41	7,05	1,07	1,17	0,98	1,17
<b>Total</b>	<b>9,88</b>	<b>10,59</b>	<b>4,06</b>	<b>4,26</b>	<b>3,08</b>	<b>3,32</b>
<b>Ahorro de costes –excluida la tinta (en miles de millones EUR)<sup>14</sup></b>						
Directo	2,43	4,10	2,11	3,58	1,48	2,49
Indirecto	42,75	46,99	7,12	7,83	6,54	7,83
<b>Total</b>	<b>45,18</b>	<b>51,09</b>	<b>9,24</b>	<b>11,41</b>	<b>8,02</b>	<b>10,32</b>

El Acuerdo Voluntario de la industria para mejorar el rendimiento ambiental de equipos de impresión en el Mercado Europeo<sup>27</sup> (firmado originalmente el 16 de febrero de 2011) establece un conjunto de objetivos a cumplir por los fabricantes de equipos de impresión para todos los productos vendidos en el mercado de la UE (véase [anexo I](#)). El acuerdo tiene como objetivo reducir la huella ambiental de los equipos de impresión, tanto desde el punto de vista del diseño, por parte del fabricante, como del uso por parte del cliente, ayudándole a tomar decisiones informadas durante la compra y el funcionamiento del equipo:

- Los requisitos de diseño se relacionan con el consumo de energía, los tiempos de demora predeterminados, la impresión dúplex, la capacidad de imprimir varias páginas en una hoja de papel, el reciclaje y la reutilización de cartuchos. Las máquinas deben estar diseñadas para un reciclaje fácil de plástico y otros materiales y deben poder acomodar cartuchos de tinta y tóner que no sean OEM.
- Los requisitos de información cubren la eficiencia energética y de recursos, el uso de papel y la eliminación de cartuchos. Los clientes comerciales y minoristas deben recibir información precisa, detallada y transparente.

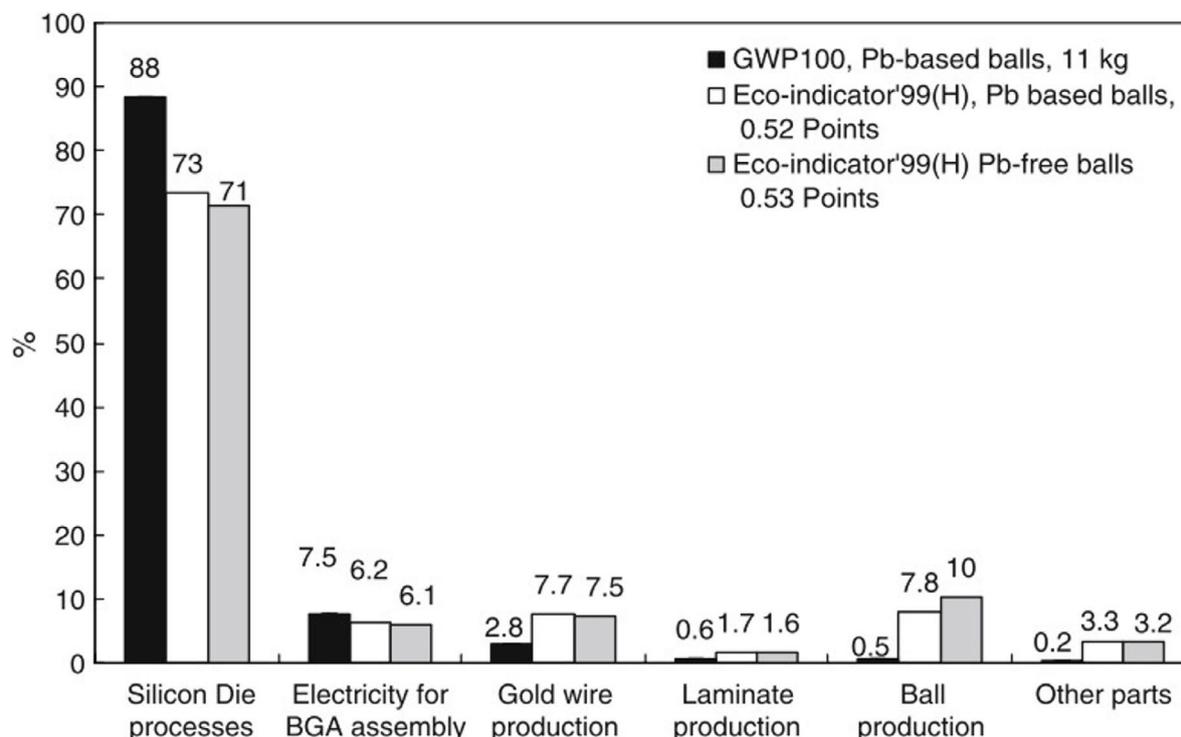
<sup>27</sup> [https://www.eurovaprint.eu/fileadmin/eurovaprint\\_files/Member\\_Only/VA\\_Revision/Joint\\_VA\\_2020/VA\\_Agreement\\_Imaging\\_Equipment\\_9\\_April\\_2021\\_FINAL\\_CLEAN.pdf](https://www.eurovaprint.eu/fileadmin/eurovaprint_files/Member_Only/VA_Revision/Joint_VA_2020/VA_Agreement_Imaging_Equipment_9_April_2021_FINAL_CLEAN.pdf)

### 3.3.1. Fase de Fabricación

Dentro de fase de fabricación de una impresora se incluye la extracción y procesamiento de materias primas, la fabricación de componentes y su ensamblaje para producir el producto, así como el transporte de materias primas y componentes.

Según diferentes análisis de vida<sup>28</sup>, la fabricación de una impresora de inyección de tinta de uso doméstico requiere de 518 kWh de energía primaria, con una emisión de 250 kg de CO<sub>2</sub> eq.<sup>16</sup> y requiere de 1.187 l de agua para una vida útil promedio de 3 años (5 si consideramos reparaciones).

Las placas de circuitos impresos (PWB) se encuentran entre los componentes de AEE con mayor impacto ambiental. En concreto, las emisiones de GEI de PWB aumentan proporcionalmente al número de capas agregadas en la placa<sup>29</sup>. Además, el proceso de fabricación de las matrices de silicio de los circuitos integrados es un proceso que consume mucha energía y representa alrededor del 70-90 % de los impactos totales de la fabricación de los microchips (**Figura 10**). El consumo de energía para transistores, condensadores y otros componentes electrónicos es más bajo en proporción, pero depende de la presencia de algunos metales preciosos, especialmente oro.



**Figura 10.** Importancia ambiental de las subpartes de un circuito integrado de un microchip.

**Fuente:** Project C-SERVEES.

<sup>28</sup> <https://www.greenit.fr/>

<sup>29</sup> «D5.1. Results of environmental, economic and social preliminary analyses». Project C-SERVEES. Disponible en: [https://c-serveesproject.eu/project\\_activities.php?op=5](https://c-serveesproject.eu/project_activities.php?op=5)

La carcasa y el chasis de soporte de la impresora protegen los accesorios de los impactos ambientales y al usuario del contacto con componentes internos móviles, radiantes o de bajo voltaje. Normalmente están fabricados por inyección mediante uno o varios plásticos rígidos, aunque la tendencia es aumentar la proporción de plásticos reciclados. En general para estas partes no se indica la utilización de polímeros halogenados ni compuestos orgánicos halogenados añadidos como retardantes de llama.

Según el Acuerdo Voluntario de la industria de la impresión (véase [anexo I](#)) sobre la composición del polímero constituyente de la carcasa plástica, se acordaron las siguientes cuestiones:

- Para limitar la variedad de materiales utilizados, las partes de la carcasa de plástico con una masa superior a 100 g estarán compuestas por un solo polímero o mezcla de polímeros.
- Todas las partes de la carcasa de plástica solo consistirán en hasta 4 polímeros separables o mezclas de polímeros.
- Las partes de la carcasa de gran tamaño se diseñarán de manera que los plásticos contenidos se puedan utilizar para la producción de productos duraderos de alta calidad mediante las técnicas de reciclaje disponibles.
- Se reducirá al mínimo el uso de recubrimientos para piezas especiales, salvo que se pueda demostrar que no altera la reciclabilidad, no permitiéndose, en ningún caso, recubrimientos galvánicos en piezas de plástico.

### 3.3.2. Fase de Uso

La fase de Uso comienza con la adquisición del dispositivo por parte del usuario. Si se prevé que se va a imprimir poco, la primera opción para este debiera ser la de prescindir de la compra del dispositivo y utilizar algún servicio de pago de reprografía o copistería próximos al domicilio, que resultará más económico. En el caso de haberse decidido adquirir una impresora, es importante valorar el uso que se le vaya a dar.

Por un lado, si solo se van a imprimir textos, es preferible optar por una impresora láser o incluso una láser monocromática (que solo emplea tóner negro) ya que obtienen mejores resultados en la reproducción de caracteres y además son más rápidas. Por contra, si se va a utilizar para imprimir fotografías o imágenes, además de texto, es más recomendable la adquisición de un equipo de inyección de tinta, puesto que son más fieles en la representación del color.

Es importante que el usuario se decante por modelos de impresoras que dispongan de las siguientes características (o información) que, aunque incrementan el coste inicial de la impresora, a la larga resultan rentables al reducir costes de mantenimiento y uso.

- Posibilidad de impresión a doble cara (dúplex) automática.
- Posibilidad de carga de cartuchos de larga duración (en el caso de los modelos de inyección de tinta).
- Cartuchos intercambiables por color (y no por bloque de colores).
- Coste real de impresión por página.
- Reparabilidad del dispositivo y disposición de piezas de repuesto (especialmente cabezales de impresión extraíbles).
- Garantías ampliables.

Con la finalidad de aumentar la vida útil del producto y que su uso y mantenimiento sean más económicos, algunos fabricantes y webs especializadas proporcionan una serie de pautas o consejos para que el usuario haga un buen uso de su dispositivo:

- Salvo que sea necesario, imprimir en blanco y negro o escala de grises en lugar de color.
- Utilizar las opciones de impresión en modo borrador o impresión rápida para ahorrar tinta.
- Utilizar cartuchos de larga duración que, aunque son más caros, imprimen bastantes más páginas que los de duración estándar.
- Imprimir a doble cara siempre que sea posible. Este ahorro de papel equivale también a un ahorro de energía global del dispositivo ya que el 90 % de la energía requerida para imprimir una hoja se utiliza realmente en extraerla de la bandeja de papel y desplazarla a través de la impresora<sup>30</sup>. En la impresión a doble cara no es necesario extraer dos hojas de la bandeja de entrada y es la misma la que se mueve por acción del rodillo en la zona de los cabezales de la impresora. Este efecto se puede multiplicar si se utiliza la opción de impresión de varias páginas por hoja.
- Si los cabezales de impresión son extraíbles, limpiarlos regularmente con alcohol isopropílico.
- Colocar los cartuchos de tinta en el congelador cuando se prevea abandonar el domicilio durante un tiempo prolongado (por ejemplo, durante las vacaciones).
- Si no se ha usado la impresora, imprimir al menos una vez al mes unos pocos caracteres usando todos los colores, preferiblemente en hojas en sucio.
- Utilizar fuentes de texto con estilo de trazado fino (por ejemplo, Century Gothic) para ahorrar tinta.
- Desenchufar la impresora cuando no esté en uso, puesto que el 92 % de la electricidad se consume en modo de espera o apagado, mientras que el uso real del dispositivo representa solo el 8 % de la electricidad consumida.
- Mantener la impresora cubierta con una funda cuando no se utilice para evitar la filtración o acumulación de polvo ambiental en el dispositivo.

---

<sup>30</sup> <https://www.produitsdurables.fr/2018/11/15/les-5-regles-dor-pour-faire-durer-son-imprimante/>

Según encuestas de la OCU de fiabilidad y satisfacción a usuarios las marcas de impresoras más frecuentes en los hogares son HP y Canon, sobre todo para modelos domésticos de gama media. Sin embargo, según esta misma fuente, las marcas más fiables y que menos se averían son Kyocera, Xerox, OKI, Ricoh, Brother, Samsung y Canon<sup>31</sup>. Esta información normalmente es coincidente con la reportada desde plataformas de consumo de otros países occidentales (**Figura 11**).

Los problemas más comunes que han indicado los usuarios tienen que ver con la conectividad wifi, los cartuchos y cabezales de impresión, y con el alimentador de papel. Esto ocurre con mayor frecuencia en marcas como Epson y HP.

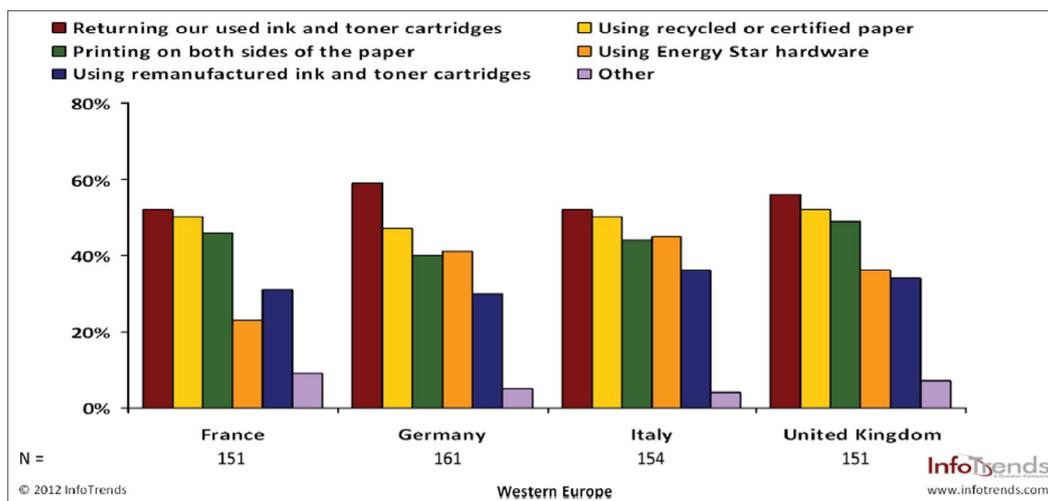
1	Brother	★★★★☆ 2,9
2	Canon	★★★☆☆ 2,4
3	HP	★★★☆☆ 2,3
4	Samsung	★★★☆☆ 2,2
5	Dell	★★★☆☆ 2
6	Epson	★★★☆☆ 1,7
7	Lexmark	★★★☆☆ 1,3
8	Kodak	★★★☆☆ 1

**Figura 11.** Recorte de la web francesa Produitsdurables con las marcas más fiables de impresoras de inyección de tinta entre los usuarios (puntuadas sobre 5 estrellas).

**Fuente:** <https://www.produitsdurables.fr/produit/imprimante-multifonction/>

Desde el punto de vista de un uso profesional de las impresoras, el estudio de 2012 de Keypoint Intelligence e InfoTrends consultó a 617 empresas de cuatro países europeos por las iniciativas económico-ambientales relacionadas con la impresión más importantes para su empresa durante la fase de uso de estos dispositivos. La recogida y retorno de los cartuchos de tinta y tóner usados, el uso de papel reciclado y la impresión a doble cara fueron las iniciativas más mencionadas (**Figura 12**).

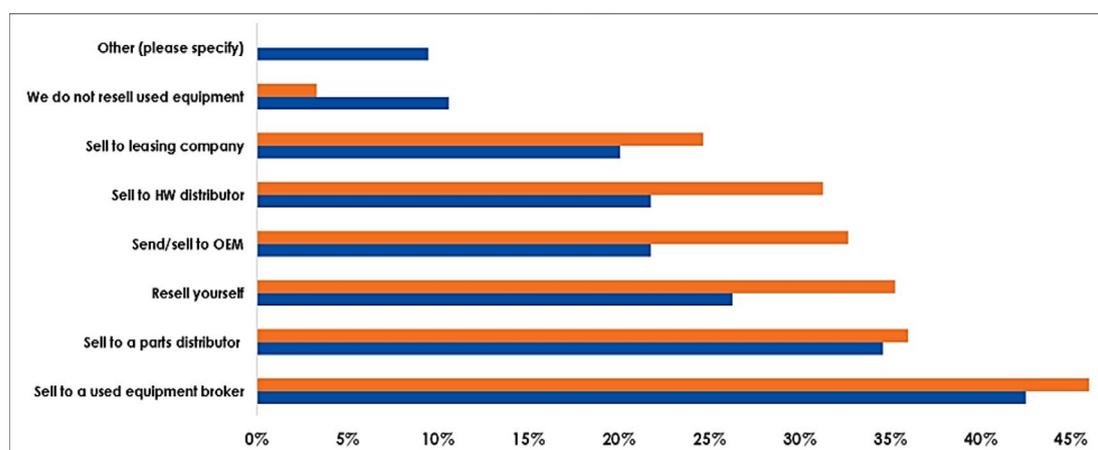
<sup>31</sup> [https://www.ocu.org/tecnologia/impresora/guia-compra/analisis-impresoras?int\\_campaign=service-hub&int\\_source=hub-v2&int\\_medium=hub-about&int\\_content=none&int\\_term=hub-navigation](https://www.ocu.org/tecnologia/impresora/guia-compra/analisis-impresoras?int_campaign=service-hub&int_source=hub-v2&int_medium=hub-about&int_content=none&int_term=hub-navigation)



**Figura 12.** Resultados del estudio de Keypoint Intelligence e InfoTrends (2012) sobre las iniciativas medioambientales relacionadas con la impresión más importantes para su empresa.  
**Fuente:** Keypoint Intelligence (2018)<sup>15</sup>.

### 3.3.3. Fase de Fin de Vida

A nivel usuario, una vez tomada la decisión de sustituir el dispositivo de impresión por uno nuevo, lo más habitual es que este opte por eliminar su antiguo equipo incorporándolo a los canales habituales de reciclaje de RAEE. A nivel empresa, sin embargo, según encuestados de EEUU y Europa Occidental del mismo estudio, la tendencia es la de venderlo a un intermediario de equipos usados o a un distribuidor de repuestos. Desde el punto de vista de la fabricación esto significa maximizar los recursos y minimizar el desperdicio al mantener los dispositivos en el mercado durante más tiempo, dando pie a que el consumidor tenga una alternativa económica frente a equipos nuevos (**Figura 13**).



**Figura 13.** Tendencias empresariales en la retirada de dispositivos de impresión antiguos. En naranja, respuestas a entrevistados de Europa Occidental (Italia, Francia, Reino Unido y Alemania). En azul, entrevistados en EEUU.

**Fuente:** Keypoint Intelligence (2018)<sup>15</sup>.

### 3.3.3.1. Impresoras

En las plantas de tratamiento de AEE, las impresoras son sometidas a un proceso que se puede simplificar en tres etapas.

- 1) El primer paso tras la recepción de las impresoras en la planta, consiste en pesar el material dispuesto.
- 2) Luego se procede a su clasificación por tipo de residuo y se retiran los componentes que son potencialmente contaminantes (residuos de tóner, tinta o cartuchos de tinta).
- 3) Finalmente, a través de un sistema industrial de sucesivas moliendas, separaciones y complejas técnicas de concentración, se logra recuperar y reciclar materias primas secundarias tales como plásticos y componentes metálicos<sup>32</sup>.

Según la plataforma medioambiental Recyclia, de una impresora con un peso medio de 10 kg se pueden extraer mediante las actuales técnicas de tratamiento 4,8 kg de metales (mayoritariamente hierro), 4 kg de una mezcla de plásticos y 310 gramos de vidrio<sup>33</sup>.

### 3.3.3.2. Cartuchos de tinta y tóner

Más del 70 % de los cartuchos terminan en el vertedero o descontrolados, de los que tres cuartas partes van a parar a países del tercer mundo sin leyes medioambientales. La no gestión de estos residuos puede producir una alta contaminación de suelos, aguas y oceánicos, dada la elevada toxicidad de los productos constituyentes de las tintas. Además, la incorrecta manipulación del polvo de tóner o de las tintas también pueden resultar perjudiciales para la salud de quienes la llevan a cabo por la emisión de COVs.

En España, el reciclaje de los cartuchos de tinta y tóner es obligatorio desde el 15 de agosto de 2018, puesto que los consumibles con partes eléctricas pasan a considerarse AEE con las mismas obligaciones que determina el Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos<sup>5</sup>.

En España existen iniciativas de recogida privadas por parte de los principales fabricantes de consumibles (Programa HP *Planet Partners*<sup>34</sup>, programa de reciclaje de cartuchos de Canon<sup>35</sup>, Brother *Earth*<sup>36</sup>, etc.), además de los canales de recogida establecidos por los SCRAP que gestionan este tipo de residuos (**Figura 14**).

<sup>32</sup> <http://reciclario.com.ar/otras/impresora/>

<sup>33</sup> <http://www.imprecosantiago.com/reciclaje-de-impresoras-basura-tecnologica/>

<sup>34</sup> <https://www.hp.com/co-es/hp-information/recycling/ink-toner.html>

<sup>35</sup> <https://www.canon.es/recycling/#PROCESS>

<sup>36</sup> <https://www.brother.es/conoce-brother/brother-earth>

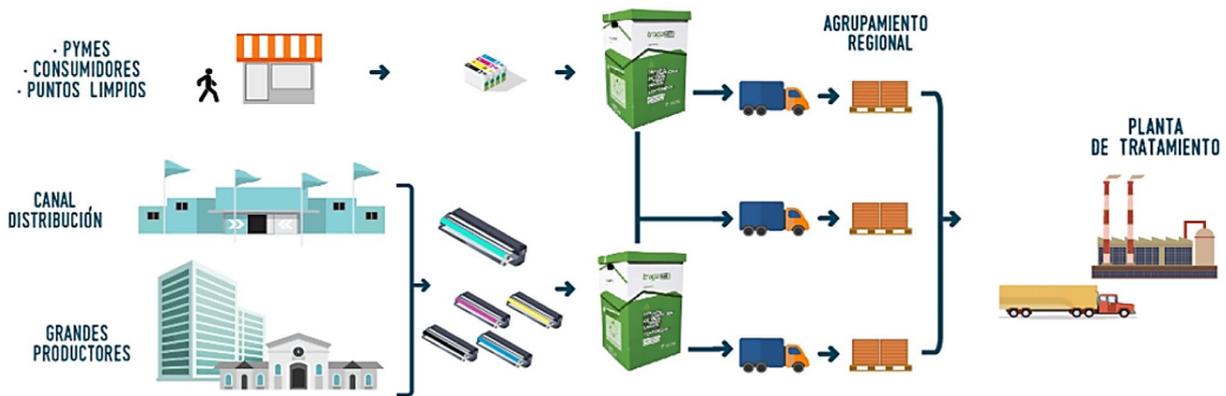


Figura 14. Esquema del proceso de recogida de cartuchos y tóner.

Fuente: <https://tragatoner.es/>

En España, el SCRAP Recyclia, junto a la fundación Ecofimática, puso en marcha en 2015 las iniciativas *Tragatóner* y *Tragatinta*, con unos 42.000 puntos de recogida de residuos de tóner y cartuchos de impresoras dispuestos en grandes superficies, establecimientos comerciales, grandes empresas, edificios públicos y puntos limpios. Según este SCRAP, los cartuchos de tinta recogidos procedentes del canal doméstico representan el 23 %, mientras que el 77 % restante corresponde a cartuchos de tóner<sup>37</sup>.

Algunos de estos cartuchos recogidos (o extraídos de las impresoras desechadas) pueden ser rellenados y reutilizados, pero la mayoría serán sometidos a un proceso de reciclaje en el que se retirarán las impurezas y sustancias potencialmente tóxicas, para posteriormente ser triturados y separados en materiales destinados a nuevos usos<sup>38</sup> (Figura 15).



Figura 15. Proceso de tratamiento de cartuchos de tinta y tóner recogidos (izq.) y ejemplo de materias primas resultantes del proceso de reciclaje de un tóner (der.).

Fuente: <https://tragatoner.es/>

<sup>37</sup> <https://www.recyclia.es/recyclia-despliega-42-000-puntos-de-recogida-de-toner-en-espana/#comments>

<sup>38</sup> <https://ecoembesdudasreciclaje.es/donde-tirar-impresoras-y-sus-cartuchos-o-toner/>

Por ejemplo, el polvo de tóner se utiliza para la producción de energía eléctrica<sup>39</sup> y la recuperación de hierro y aluminio ahorran un 74 y un 95 % (respectivamente) de energía respecto a la consumida durante la extracción de nueva materia prima.

### 3.4. Análisis sobre la reparabilidad del producto

La vida real de un producto es el resultado del tiempo de duración del mismo y varía en función de diversos factores, como el uso más o menos adecuado que se le haya dado o la obsolescencia prematura. La reparación de los productos cuando fallan ayuda a alargar de forma significativa su vida real, además de presentar grandes beneficios socioeconómicos y medioambientales.

En este sentido, la publicación del Parlamento Europeo «*Consumers and repair of products*»<sup>40</sup>, señala que al fomentar y facilitar la reparación se consigue que el consumidor pueda ahorrar dinero que invertiría en un nuevo producto, por un lado, y que las empresas puedan encontrar nuevas oportunidades de negocio en el sector de la reparación, además de crear nuevos empleos, por otro. De esta forma, con todos los actores implicados trabajando conjuntamente, se reduciría la ingente producción de residuos actual, el uso y consumo de energía y recursos finitos para producir nuevos productos, y las emisiones de gases de efecto invernadero.

En Europa, los datos sobre el sector de la reparación de ordenadores y elementos de comunicación (en el que se engloban las impresoras domésticas) son abundantes a causa de una elevada demanda y a la continua puesta en mercado de nuevos productos. Según el trabajo realizado por el IHOBE<sup>41</sup> (2017) en base a los datos de Eurostat sobre empresas y personas trabajadoras de la reparación, se estimó que el 7,74 % de las empresas del sector de la reparación se dedicaba precisamente a la reparación de ordenadores y equipos de comunicación (**Figura 16**), con una media de 33 trabajadores por empresa.

Sin embargo, si para ese mismo año (2017) se atiende solo a las empresas dedicadas a la reparación de bienes materiales, la reparación de ordenadores y equipos de comunicación supuso el 43,96 % del total de empresas dedicadas a este sector<sup>42</sup>. Aun así, los datos del informe de Reuse «*Improving product reparability: Policy options at EU level*»<sup>43</sup>, reflejan un descenso en el número de empresas dedicadas al sector de la

<sup>39</sup> Aproximadamente 1 kg de polvo de tóner produce suficiente energía como para mantener más de 300 horas encendida una bombilla LED.

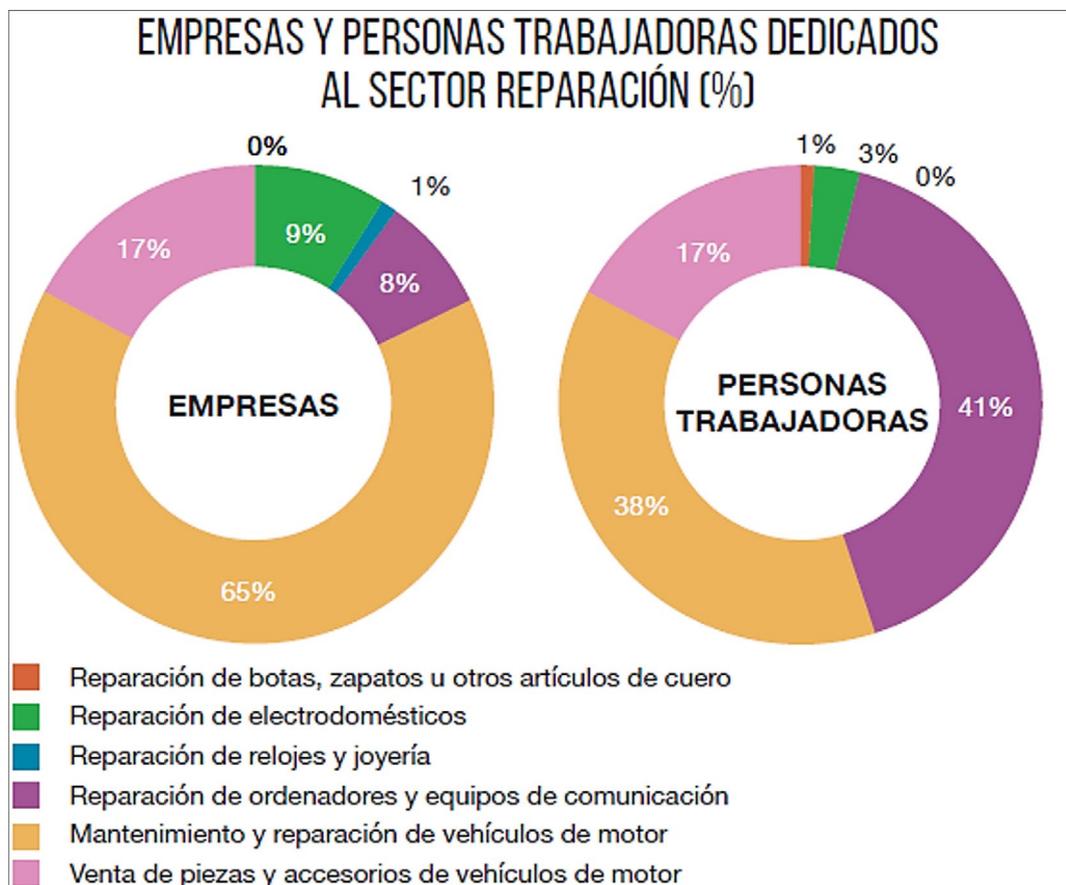
<sup>40</sup> [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/es/document.html?reference=EPRS\\_BRI%282019%29640158](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/es/document.html?reference=EPRS_BRI%282019%29640158)

<sup>41</sup> El IHOBE es la Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco (<https://www.ihobe.eus/inicio>).

<sup>42</sup> IHOBE (2019), «*Diagnóstico de la reparación en la CAPV*». Disponible en: [https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/diagnostico\\_reparacion/es\\_def/adjuntos/CAST-Diagnostico\\_Reparacion\\_CAPV.PDF](https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/diagnostico_reparacion/es_def/adjuntos/CAST-Diagnostico_Reparacion_CAPV.PDF)

<sup>43</sup> Reuse (2015). «*Improving product reparability: Policy options at EU level*». Disponible en: <https://www.rreuse.org/wp-content/uploads/Routes-to-Repair-RREUSE-final-report.pdf>

reparación en la UE durante los últimos 30 años, en parte agravado por los obstáculos y costes que supone la reutilización o reparación de los nuevos productos que se fabrican y ponen en mercado.

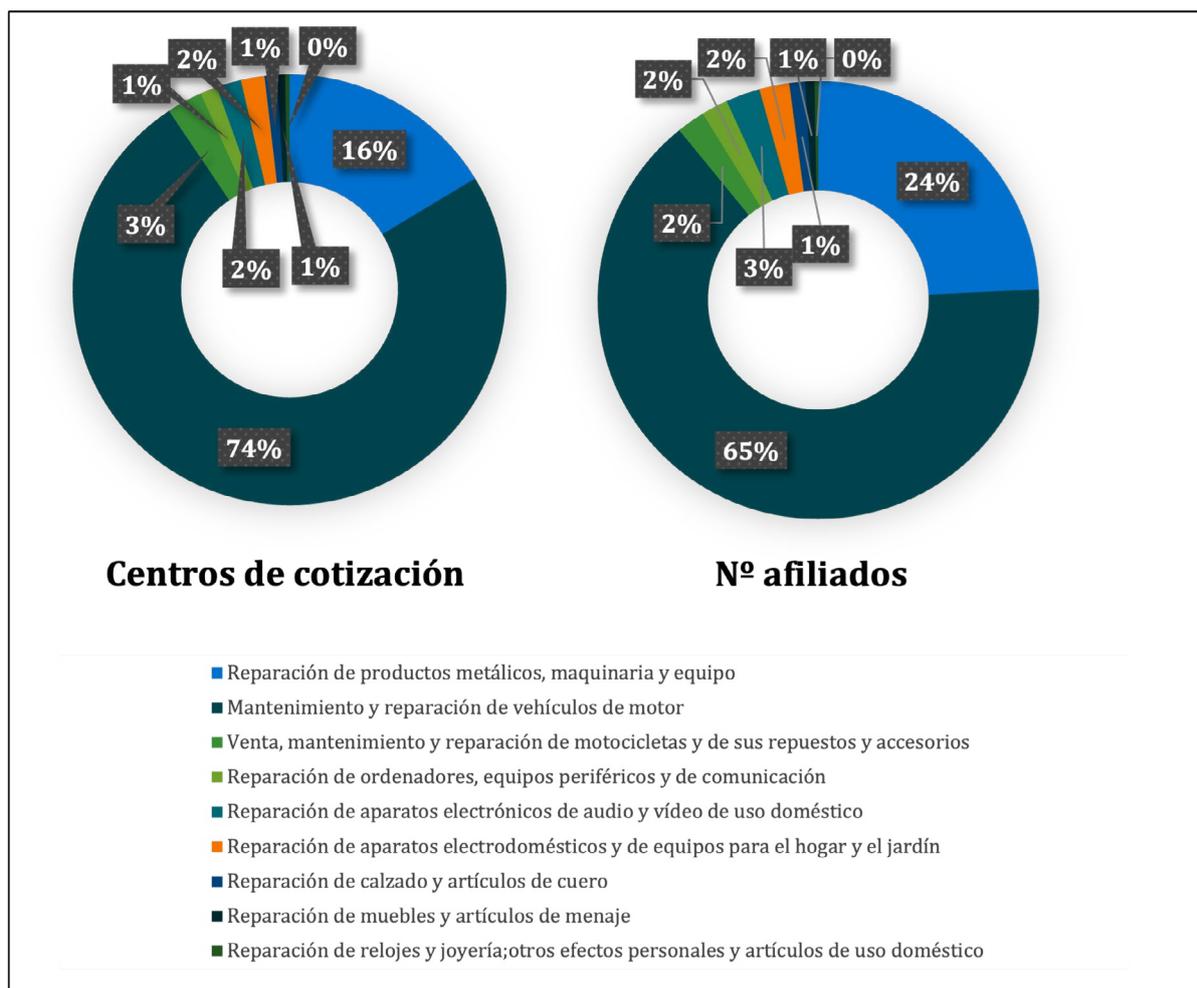


**Figura 16.** Empresas y personas trabajadoras del sector de la reparación en Europa en 2017.  
Fuente: IHOBE.

En España, el Servicio Público de Empleo Estatal (SEPE), a través de su Observatorio de las Ocupaciones, realiza periódicamente estudios prospectivos sectoriales para conocer cuáles son las actividades económicas y las ocupaciones que tienen mejores perspectivas de empleo a corto y medio plazo. El *Estudio Prospectivo de las Actividades Económicas relacionadas con la Economía Circular en España*<sup>44</sup>, realizado en 2020, analiza los datos de empleo de la categoría «CNAE 9511: Reparación de ordenadores y equipos periféricos» cifrando un total de 578 centros de cotización, con un número de 6.388 afiliados<sup>45</sup> en 2018 (**Figura 17**). Esto supone un 3,73 % más de afiliados respecto al total de trabajadores en las actividades de la economía circular en 2017 y un 23,40 % menos respecto a 2014.

<sup>44</sup> [https://www.sepe.es/SiteSepe/contenidos/que\\_es\\_el\\_sepe/publicaciones/pdf/pdf\\_mercado\\_trabajo/Estudio-prospectiv-ec-Circular.pdf](https://www.sepe.es/SiteSepe/contenidos/que_es_el_sepe/publicaciones/pdf/pdf_mercado_trabajo/Estudio-prospectiv-ec-Circular.pdf)

<sup>45</sup> Los centros de cotización se corresponden con las cuentas de cotización a la Seguridad Social en el Régimen General. Los afiliados incluyen tanto los del Régimen General como Régimen Especial Trabajadores Autónomos.



**Figura 17.** Centros de cotización y nº de afiliados del sector de la reparabilidad en España en 2018.  
**Fuente:** elaboración propia a partir de datos del Observatorio de las Ocupaciones del SEPE (datos del MEYSS. Trabajadores afiliados a la Seguridad Social).

En relación a lo anterior, son numerosos los estudios que exponen las principales dificultades con las que se encuentra el consumidor o la empresa reparadora cuando se quiere proceder a arreglar una impresora<sup>16</sup>. Algunos de los obstáculos más comunes son:

- Constantes cambios en el diseño de los productos y dificultad de acceso a piezas de repuesto.
- Dificultad de acceso a información técnica del producto.
- No estandarización de las diferentes piezas del producto, diferencias según marcas fabricantes o incluso entre diferentes modelos de la misma marca.
- Dificultad en el desmontaje del producto.
- Precios de reparación poco atractivos.

No obstante, como ya se ha comentado, existen iniciativas que han desarrollado índices de reparabilidad estudiando diferentes factores que interfieren a la hora de

reparar un producto. En Francia, por ejemplo, existen dos distribuidores que han se han adelantado y han presentado sus propios índices de reparabilidad: Spareka<sup>46</sup> y Fnac Darty<sup>47</sup>.

Como ya se describió en el «*Estudio de obsolescencia de productos*» (Parte I: apartado 1.3), trabajando en el mismo sentido y con el objetivo de incentivar tanto en consumidores como en fabricantes la reparabilidad frente a la obsolescencia como forma de reducir la huella ecológica, el Ministerio de Consumo anunció<sup>48</sup> que se está desarrollando un Índice de Reparabilidad que clasificará a los productos eléctricos o electrónicos. Según la fuente, la iniciativa, sometida a consulta pública previa, consistiría en la creación de un sello con una nota (de 0 a 10) que acompañará al producto en un lugar visible de su embalaje y ayudará a los consumidores a tomar mejores decisiones en el momento de la compra. La clasificación se realizará según diferentes variables, como la disponibilidad de piezas de reemplazo o la facilidad en el desmontaje.

Por otro lado, hasta ahora en España existía la obligación de tener disponibles piezas de recambio durante 5 años de los aparatos distribuidos. Sin embargo, a partir del 1 de enero de 2022, se ampliará a 10 años según la última actualización del Real Decreto Legislativo 1/2007 de 16 de noviembre<sup>49</sup>, debido a la publicación del Real Decreto-ley 7/2021, de 27 de abril<sup>50</sup>, lo que va a permitir solicitar reparaciones que antes no se podrían ofrecer<sup>51</sup>. Además, el fabricante tendrá que incluir un manual de reparación y asegurarse de que los productos puedan ser desmontados para su correcta reparación.

Asimismo, con la publicación del Plan de Acción Europeo de Economía Circular (2015) se puso de manifiesto la necesidad de protección y participación de los consumidores en la economía circular, proponiéndose medidas relativas al derecho a la

<sup>46</sup> Spareka, especialista en la venta de repuestos en Francia, ofrece un índice desarrollado a partir de tres elementos: la disponibilidad de documentos (folletos, vistas ampliadas, etc.), la disponibilidad de repuestos y la capacidad de reparación en sí misma (simplicidad, duración y necesidad de herramientas, especialmente). Este último criterio está en el corazón de la puntuación final, ya que pesa el 65% de la misma. Este índice (así como los tutoriales de reparación, la venta de piezas, etc.) es aplicable a grandes y pequeños electrodomésticos y aparatos de jardinería. La página permite filtrar por tipo de electrodoméstico, marca y modelo concreto. Disponible en: [https://www.spareka.fr/pieces\\_detachees\\_electromenager/lave-vaisselle](https://www.spareka.fr/pieces_detachees_electromenager/lave-vaisselle)

<sup>47</sup> En su caso, el índice propuesto por Fnac Darty solo es aplicable a ordenadores portátiles. La compañía toma los tres criterios de Spareka y agrega la reinstalación del software. A diferencia del índice de Spareka, los cuatro criterios contribuyen igualmente a la puntuación final. Disponible en: <https://www.fnacdarty.com/>

<sup>48</sup> Nota de prensa (15/03/2021). Disponible en: [https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/consumo/Paginas/2021/150321-etiqueta\\_reparabilidad.aspx](https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/consumo/Paginas/2021/150321-etiqueta_reparabilidad.aspx)

<sup>49</sup> Real Decreto Legislativo 1/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y otras leyes complementarias. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-20555>

<sup>50</sup> Real Decreto-ley 7/2021, de 27 de abril, de transposición de directivas de la Unión Europea en las materias de competencia, prevención del blanqueo de capitales, entidades de crédito, telecomunicaciones, medidas tributarias, prevención y reparación de daños medioambientales, desplazamiento de trabajadores en la prestación de servicios transnacionales y defensa de los consumidores. Disponible en: [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-6872](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-6872)

<sup>51</sup> De aplicación según el artículo 127 bis para los bienes indicados en el artículo 114 del citado Real Decreto-ley 7/2021 (texto consolidado).

reparación: disponibilidad de información sobre servicios de reparación, manuales y piezas de recambio.

### 3.4.1. Fallos más comunes en impresoras domésticas

En este punto, se recopilan los fallos más comunes recogidos en los informes o estudios disponibles en la literatura (WRAP, 2013)<sup>52</sup>:

- Conexiones y bisagras de la tapa de la carcasa de las impresoras multifunción.
- Fatiga del material debido al uso frecuente.
- Tapa y bisagra del escáner, cajón de papel de la impresora multifunción.
- Las conexiones eléctricas solo se fijan mediante conexiones de plástico y se dañarán con picos de tensión (todas las clases de productos).
- Almohadillas saturadas con restos de tinta (**Figura 18**).
- Chorros de tinta bloqueados (en impresoras de inyección de tinta).
- Fallos derivados del empleo de cartuchos fraudulentos «clones» de originales, ya mencionado en el apartado [3.2.1. Obsolescencia económica](#).



**Figura 18.** Parte visible de la almohadilla absorbente.

**Fuente:** HOP<sup>16</sup>.

El efecto de los chorros de tinta bloqueados depende de si el cabezal de impresión está instalado en la impresora o está integrado en el cartucho de tinta. El secado de

<sup>52</sup> <https://wrap.org.uk/>

la tinta en los chorros del cabezal de la impresora puede provocar un deterioro en la calidad de impresión y, en el peor de los casos, será necesario reemplazar todo el cabezal de la impresora. Los cartuchos con cabezal de impresión integrado cuestan más pero, si se utilizan para impresiones poco frecuentes, tienen la ventaja de que renuevan el cabezal de la impresora cada vez que se reemplaza el cartucho, lo que puede extender la vida útil de la impresora<sup>53</sup>.

Si el cabezal de impresión está instalado en la impresora, hay dos posibilidades en caso de defecto:

- El cabezal de impresión está instalado en la impresora y se puede cambiar independientemente del cartucho de tinta. Los fabricantes recomiendan un cambio regular, por ejemplo, después de imprimir un cierto número de páginas.
- El cabezal de impresión está integrado en la impresora y solo puede ser reemplazado por un especialista. En algunos casos, el cabezal de impresión no se puede reparar en absoluto, por lo que se requiere una nueva impresora.

Según el informe de la Agencia Alemana de Medioambiente<sup>14</sup> el diseño de una impresora con una vida útil de larga duración se ve influenciado principalmente por los valores nominales elegidos para los condensadores electrolíticos y el ventilador enfriador, en el caso de los componentes eléctricos. En el caso de los componentes mecánicos la longevidad de la vida útil se ve afectada por: engranajes, motores, conexiones, tambores y correas; por los elementos de carcasa, botones y teclados. Además de las unidades de visualización, correas y tambores de transmisión, unidad de fusión.

De los fabricantes entrevistados en el informe, uno de ellos afirma que los componentes de una impresora rara vez fallan dentro de la vida útil del producto definida internamente en un periodo de cinco años. Otro fabricante, no dio detalles sobre la vida útil definida internamente, declaró que las placas base fallan con mucha frecuencia ( $\geq 5\%$  de probabilidad de fallo), mientras que las fuentes de alimentación y el ventilador fallan con frecuencia (1 a 5% de probabilidad de fallo). Según el fabricante, tal fallo no conduciría al final de la vida útil del producto porque estos componentes pueden ser reemplazados o reparados.

### 3.4.2. *Piezas y componentes estandarizados y homologables*

Aunque existen muchas empresas que cuentan con servicio de reparación y distribución de componentes y piezas de impresión compatibles con los originales, es muy frecuente que los equipos de impresión domésticos requieran piezas originales de la

---

<sup>53</sup> EcoTopTen: la plataforma de productos ecológicos de primera. Disponible en: [www.ecotopten.de](http://www.ecotopten.de)

misma marca fabricante de la impresora. Es por ello que las principales firmas cuentan con un servicio de venta oficial de componentes.

A continuación, se presentan ejemplos de piezas y componentes que normalmente están disponibles para facilitar la reparación del dispositivo, así como un coste aproximado de las mismas:

- **Unidad de escaneo:** es la unidad del dispositivo que se utiliza para convertir originales de papel en imágenes digitales que pueden ser almacenados, editados, convertidos o transmitidos, principalmente con el propósito de procesar datos en un dispositivo multifunción u ordenador. Su precio varía entre los 50 y los 200 € (**Figura 19**).



**Figura 19.** Unidad de escáner.  
**Fuente:** HP Business Partner<sup>54</sup>.

- **Accesorios:** son componentes suplementarios u opcionales que no son requeridos para el funcionamiento normal de la unidad base, pero que se puede agregar para aportar una nueva funcionalidad o alterar/mejorar las funciones del dispositivo. Un accesorio puede venderse por separado bajo su propio modelo o con una unidad base como parte de un paquete o configuración de dispositivo multifunción, pero se debe tener presente que el consumo de energía de los accesorios no está incluido en el del dispositivo. Algunos ejemplos son: clasificadores, alimentadores y suministradores de papel, equipos de acabado, múltiples bandejas de salida, chips y contadores. La disponibilidad de los accesorios depende de las series de fabricación y de los modelos, de igual forma que los precios que varían en función del fabricante y de la capacidad del mismo; una bandeja o alimentador de papel de alta capacidad puede variar entre 40 y 100 € (**Figura 20**).

<sup>54</sup> <https://www.impresoras-hp.es/>



**Figura 20.** Bandeja de gran capacidad para impresora.  
**Fuente:** HP Business Partner.

- **Punto de acceso a la red inalámbrica:** es un dispositivo cuya función es facilitar la conectividad a múltiples dispositivos. El precio de media es de 70 € (**Figura 21**).



**Figura 21.** Formatter.  
**Fuente:** HP Business Partner.

- **Cabezal de impresión:** es el elemento de la impresora que transfiere el colorante al papel en la cantidad y posición correctas para crear una imagen. Está compuesto por varias piezas, siendo la más importante de todas, la placa electrónica, que es una pieza metálica formada por boquillas o conductos que actúan como inyectoras. Las impresoras actuales cuentan con unas 400 boquillas de impresión, expulsando cada una entre 4 y 5 picolitros. El cabezal de impresión está montado sobre dos barras estabilizadoras por los que se desliza. Es alimentado por un motor de precisión en todos los pasos del proceso de transferencia de tinta, que mueve, de un lado a otro, una correa dentada que se traslada hacia adelante y hacia atrás de una forma lineal. El precio de media es de 50 euros (**Figura 22**).



**Figura 22.** Cabezal de impresión.  
**Fuente:** HP Business Partner.

- **Fusor:** es la pieza que en una impresora láser se encarga de fijar el polvo de tóner en el papel mediante la aplicación de calor a través de los rodillos. Su precio de medio es de 150 euros, tanto en tiendas oficiales como de marcas compatibles (**Figura 23**).



**Figura 23.** Fusor de impresora láser.  
**Fuente:** HP Business Partner.

- **Módulo para colorante:** compone los contenedores para colorantes, aunque puede incluir otros componentes para transferir el colorante al medio como, por ejemplo, una unidad de carga, una unidad de limpieza, un depósito de tóner sobrante o un chorro de tinta, cabezal de impresión con boquillas y uno o más depósitos de tinta integrados. En este grupo se encuentran los recipientes para colorantes como tóner o tinta, que se acoplan en este módulo. El precio de los módulos oscila los 60 euros de media, mientras que el precio del tóner varía entre los 30 y 80, en función de si son originales o reacondicionados. En el caso de los cartuchos de tinta existen muchas opciones de precio y características tanto en productos oficiales, como compatibles y reacondicionados, la disponibilidad es mucho más elevada. Los precios pueden variar entre los 20 y 40 euros en

productos no oficiales o reacondicionados, mientras que productos oficiales se encuentran entre 30 y 80 euros (**Figura 24**).



**Figura 24.** De izquierda a derecha: Módulo de colorante Cartucho de tinta, tóner.  
**Fuente:** Tónermultimarca

- **Rodillos de alimentación de papel:** pequeñas piezas circulares de goma que ayudan a cargar el papel a través de la impresora. Con el tiempo, pueden acumular polvo por el papel y los residuos de tinta por imprimir páginas en ambos lados (**Figura 25**).



**Figura 25.** Kit de rodillos de impresión.  
**Fuente:** HP Business Partner.

- **Fuente de alimentación:** es el dispositivo que convierte la corriente alterna, en una o varias corrientes continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta. Su precio suele ser específico para cada serie, potencia y tipo de impresora, por lo que se pueden encontrar en el mercado por el encima de los 150 euros, aunque normalmente su precio de media es de 60 euros (**Figura 26**).



**Figura 26.** Fuente de alimentación de impresora doméstica.  
**Fuente:** HP Business Partner.

- **Panel de control:** contiene los indicadores y la pantalla que muestran el estado de la impresora, así como las teclas para la utilización de la impresora. Esta

pieza puede ser clásica, es decir de botones o táctil. Es un elemento difícil de encontrar como compatible, su precio oscila desde 25 euros de un panel simple clásico hasta los 300 de un panel táctil de última generación (**Figura 27**).



**Figura 27.** Panel de control.  
**Fuente:** HP Business Partner.

### 3.4.3. Disponibilidad de recambios

La Directiva (UE) 2019/771 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de mayo de 2019 relativa a determinados aspectos de los contratos de compraventa de bienes<sup>55</sup>, define la garantía comercial como: *«todo compromiso asumido por un vendedor o un productor (el garante) frente al consumidor, además de las obligaciones legales del vendedor con respecto a la garantía de conformidad, de reembolsar el precio pagado o de sustituir, reparar o prestar un servicio de mantenimiento de los bienes de cualquier modo, si no cumplen las especificaciones o cualquier otro requisito no relacionado con la conformidad establecido en la declaración de garantía o en la publicidad correspondiente disponible en el momento o antes de la celebración del contrato»*.

En el artículo 14 de esta Directiva relativo a la reparación o sustitución de bienes establece que toda reparación o sustitución se llevará a cabo:

- «a) de forma gratuita;*
- b) en un plazo razonable a partir del momento en que el vendedor haya sido informado por el consumidor de la falta de conformidad, y*
- c) sin inconvenientes significativos para el consumidor, habida cuenta de la naturaleza de los bienes y de la finalidad para la que el consumidor necesitara los bienes»*.

La normativa establecía que: *«los bienes de consumo duradero tienen, una garantía de dos años. Además, los fabricantes estaban obligados a garantizar la existencia de las piezas para poder repararlos, durante al menos los 5 años siguientes a la fecha en la que el bien dejara de fabricarse»*. Sin embargo, la transposición de a la legislación española de la Directiva (UE)2019/771 mediante el Real Decreto-ley 7/2021, de 27 de abril<sup>50</sup>

<sup>55</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02019L0771-20190522&from=ES>

de amplía estos plazos. La garantía legal de los productos pasa a ser de 3 años y la obligación de mantener la existencia de piezas de reparación se extiende a 10 años. Otra novedad es que hasta ahora, solo si se manifestaba un problema en los 6 meses tras la compra el consumidor no tiene que demostrar la falta de conformidad del producto. Esto cambia con la modificación de la norma, y ese plazo aumenta, en términos generales, hasta los 2 años tras la compra, algo mucho más favorable para los consumidores.

Las piezas de recambio son aquellas que se espera que puedan o necesiten ser reemplazadas durante la vida útil prevista en condiciones normales de uso (quedan exentas las piezas que el usuario no debe cambiar por motivos legales o de seguridad), mientras que los repuestos son componentes o conjuntos que pueden fallar durante la vida útil de los productos. Esto incluye, por ejemplo, bisagras de las piezas de la carcasa, bandejas de papel, así como cables, conexiones y componentes electrónicos que pueden resultar dañados por sobrecalentamiento.

Alineado con esto, la ecoetiqueta *Blue Angel*; exige a los fabricantes y distribuidores de los modelos certificados el suministro de repuestos y piezas de recambio (**Tabla 7**), así como la infraestructura necesaria al menos hasta 5 años después de la terminar la producción. Sin embargo, otras piezas que normalmente superan la vida útil media del producto no necesitan estar disponibles como repuestos. Entre las facilidades de reparación que debe proporcionar al usuario se encuentra la posibilidad de que el cliente pueda enviar el dispositivo al centro de servicio del fabricante a través de un distribuidor autorizado u otras soluciones de logística.

**Tabla 7.** *Repuestos que deben estar disponibles durante al menos 7 años para dispositivos nuevos y 5 años para dispositivos ya fabricados.*  
**Fuente:** *Blue Angel DE-UZ 219 Edición enero de 2021.*

Piezas de Repuesto	Para Consumidores	Para reparadores profesionales
<b>Dispositivos de Electrofotografía</b>	Exceso de depósitos de tóner. Cassettes de papel. Fuentes de alimentación externas.	Dispositivos de almacenamiento (HDD y SDD). Unidad láser. Unidad de tambor. Unidad de fusión. Correas de transferencia. Unidad de recogida de tóner. Rodillos de alimentación de papel. Tableros de circuitos de control. Fuentes de alimentación internas. Panel de control. Kits de mantenimiento.
<b>Dispositivos de inyección de tinta</b>	Exceso de depósitos de tinta (Almohadillas). Cabezal de impresión (no integrado en el cartucho). Cassettes de papel. Fuentes de alimentación externas.	Dispositivos de almacenamiento (HDD y SDD). Rodillos de alimentación de papel. Cabezal de impresión (no integrado en el cartucho de tinta). Fuentes de alimentación externas. Tableros de circuitos de control. Panel de control. Depósito de recogida de tinta (Almohadillas).

De forma análoga, según la última versión del Acuerdo Voluntario de la industria de la impresión (Abril de 2021)<sup>26</sup>, los fabricantes pondrán a disposición las piezas mencionadas a continuación durante un periodo mínimo de 5 años desde la fabricación de la última unidad del modelo remanufacturada del producto, y de 7 años desde la fabricación de la última unidad del modelo en relación con nuevos modelos de producto:

- Unidad de disco duro (HDD).
- Unidad de estado sólido (SSD).
- Cabezales de impresión.
- Unidad fusora.
- Unidad de tambor.
- Bandas de transferencia.
- Juegos de rodillos.
- Fuentes de alimentación internas.
- Tableros y circuitos de control.
- Fuentes de alimentación externas.
- Paneles de control, incluyendo pantallas electrónicas.
- Unidad de recogida de tóner.
- Unidad de recogida de tinta.
- Cordones y cables de alimentación.

Las piezas de repuesto correspondientes a un producto, los procedimientos para solicitarlas y la información de reparación relevante deben ser fácilmente identificables y estar disponibles públicamente en los sitios web de los fabricantes como máximo dos años después de la puesta en mercado de la primera unidad de un modelo y hasta el final del periodo de disponibilidad de los repuestos. Los plazos de entrega estarán comprendidos dentro de los 15 días hábiles posteriores al procedimiento de solicitud del pedido y, específicamente para las piezas antes mencionadas, deberán estar disponibles en línea las instrucciones de reemplazo.

Para productos de menos de 300 € los fabricantes también pueden operar un modelo de servicio de intercambio de unidades completas utilizando piezas de productos reutilizados o restaurados, siempre y cuando se asegure la disponibilidad de suficientes unidades devueltas capaces de repararse y su estado durante al menos 5 años después de que se haya puesto en mercado la última unidad de un modelo.

#### **3.4.4. *Facilidad de desmontaje***

En los puntos primero y tercero del Artículo 6 de la Sección 1ª «Obligaciones de los productores de AEE «recogidas en el Capítulo II del Real Decreto 110/2015<sup>5</sup>, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, establece que:

«1. Los productores de AEE, de sus materiales y de sus componentes, deberán diseñar y producir sus aparatos de forma que se prolongue en lo posible su vida útil, facilitando entre otras cosas, su reutilización, desmontaje y reparación. Al final de su vida útil se facilitará la preparación para la reutilización y la valorización de los RAEE, sus componentes y materiales, de manera que se evite su eliminación [...].

3. Los productores de AEE podrán establecer mecanismos de cooperación o acuerdos voluntarios con los responsables de la reparación y reutilización de estos aparatos, con los centros de preparación para la reutilización y con los responsables del tratamiento de los RAEE para facilitar la reparación, reutilización, el desmontaje y la valorización de RAEE, sus componentes y materiales».

Dado que la norma establece que todos los RAEE, incluidas las impresoras domésticas, deben cumplir con el criterio de ser fácilmente desmontable, algunas certificadoras de ecoetiquetas, como la alemana Blue Angel<sup>56</sup>, han desarrollado un listado con los requisitos de diseño para el desmontaje (**Tabla 8**):

**Tabla 8. Requisitos de diseño para el desmontaje.**  
**Fuente: Blue Angel.**

Nº	Requisito	Se aplica a:
1	Las piezas fabricadas con materiales mutuamente incompatibles deben ser separables o estar conectados mediante ayudas de separación.  Explicación: Conexiones entre la carcasa y el chasis, así como entre el chasis y conjuntos eléctricos / electrónicos, son conexiones importantes. Su separabilidad es necesaria para la separación reutilización / reciclaje de los conjuntos y materiales y también para la separación rápida y segura de componentes que contienen sustancias nocivas. Esto también se aplica a las etiquetas. El término «ayudas a la separación» se refiere, por ejemplo, a puntos de rotura predeterminado.	Piezas de carcasa, chasis, electromontajes/electrónicos, módulos para colorantes y tintas
2	Los conjuntos eléctricos/electrónicos deben ser fáciles de detectar y extraer.  Explicación: La estrategia de reciclaje debe centrarse en la eliminación de materiales peligrosos. Conjuntos y componentes eléctricos/electrónicos, como baterías y condensadores que tienen riesgo de que contienen sustancias peligrosas, así como lámparas fluorescentes que contienen mercurio, deben ser fáciles de encontrar y separar.	Toda la unidad, incluidas lámparas
3	Las conexiones desmontables deben ser fáciles de encontrar  Explicación: Si están ocultos, esto debe indicarse en el producto (por ejemplo, mediante etiquetado láser o inyección en la moldura)	Piezas de carcasa, chasis, módulos para colorantes

<sup>56</sup> Office Equipment with Printing Function (Printers and Multifunction Devices) DE-UZ 219, Blue Angel: The German Ecolabel. Disponible en: <https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/en/DE-UZ%20219-202101-en%20Criteria-V3-2021-11-10.pdf>

Nº	Requisito	Se aplica a:
4	<p>El desmontaje se puede completar utilizando exclusivamente herramientas de uso general.</p> <p>Explicación: «herramientas de uso general» se refiere a herramientas disponibles comercialmente y de uso generalizado.</p>	Carcasas, chasis, electromontajes o montajes electrónicos
5	<p>Puntos de aplicación y espacio de trabajo requerido para el desmontaje las herramientas deben haberse tenido en cuenta en el diseño y desmonte.</p> <p>Explicación: La fuerza aplicada por la herramienta se transmite al elemento de conexión en puntos de plegamiento. Esto requiere que haya suficiente espacio de trabajo para que la herramienta complete el aflojamiento y movimiento. En particular, este requisito cubre las conexiones a presión, que, a diferencia de las requeridas en el proceso de ensamblaje, a menudo solo se puede aflojar con herramientas.</p>	Piezas de carcasa, chasis, electromontajes /electrónicos
6	<p>Todos los elementos de conexión que tienen que ser desensamblado para reciclaje debe ser accesible axialmente.</p> <p>Explicación: Conexiones a desmantelar a las que solo se puede acceder con dificultad o indirectamente Incrementar el trabajo involucrado en el proceso de desmontaje. Por ejemplo, soltando conexiones roscadas que son accesibles radialmente lleva mucho tiempo.</p>	Piezas de carcasa, chasis, electromontajes y componentes electrónicos
7	<p>Debe ser posible quitar la conexión roscada entre ensamblajes con no más de tres instrumentos</p> <p>Explicación: Los elementos de conexión estandarizados y uniformes facilitan el proceso de desmontaje. Cuantas menos herramientas se necesiten, más fácil será montar y desmontar el dispositivo. Una herramienta es caracterizada por su tipo de unidad (por ejemplo, destornillador Phillips) y tamaño de la unidad (tamaño de llave).</p>	Piezas de carcasa, chasis, electromontajes y componentes electrónicos
8	<p>Al menos la mitad de las conexiones entre plástico y los componentes deben ser conexiones de clic o anclaje.</p> <p>Explicación: La proporción de conexiones de clic y snap-on es la base para evaluar si se han seleccionado técnicas de unión para facilitar el desmontaje.</p>	Partes de la carcasa
9	<p>El desmontaje deber ser realizado por una sola persona cualificada.</p> <p>Explicación: Se puede montar cualquier número de conexiones a presión en la misma dirección de unión simultáneamente, mientras que esto no siempre es cierto para el desmontaje si el ángulo de entalladura es más de 90. Este requisito no se cumple si es necesario aflojar más de dos conexiones a presión en al mismo tiempo.</p>	Toda la unidad
10	<p>La superficie de apoyo se puede mantener durante todo el proceso de desmontaje.</p> <p>Explicación: Este requisito verifica indirectamente el diseño jerárquico de la unidad.</p>	Unidad a manipular
11	<p>Las piezas de la carcasa están libres de ensamblajes electrónicos</p> <p>Explicación: Para facilitar la eliminación limpia y rápida de materiales peligrosos y la separación de componentes electrónicos, todos los conjuntos eléctricos / electrónicos deben fijarse al chasis. El chasis no debe contener ningún conjunto eléctrico / electrónico. Un elemento de control fijado a la carcasa y las partes de la carcasa que también cumplen la función del chasis no se consideran partes de la carcasa.</p>	Parte de la carcasa
12	<p>El fabricante ha llevado a cabo un desmontaje de prueba y registrado cualquier deficiencia</p>	Toda la unidad

Además, en el Acuerdo Voluntario de la Industria de Impresión<sup>26</sup> se establece que las piezas de plástico de más de 100 g deben poder separarse manualmente en flujos de plástico reciclable con herramientas comúnmente disponibles. En la misma línea, todos los productos sujetos al acuerdo utilizarán fijaciones de uso común para unir componentes, subensamblajes, etc. y los productos plásticos estarán debidamente marcadas por tipo de material.

Para facilitar el desmantelamiento, además de estar debidamente explicado y documentado el procedimiento, todas las técnicas de unión, fijación o sellado del producto no impedirán el acceso a los siguientes componentes mediante métodos de extracción no destructivos:

- Baterías
- Circuitos impresos de más de 10 cm<sup>2</sup>.
- Cartuchos de tinta y tóner.
- Plásticos con retardantes de llama bromados.
- Pantallas electrónicas de más de 100 cm<sup>2</sup>.
- Cables eléctricos externos.
- Condensadores electrolíticos que contengan sustancias preocupantes.

#### ***3.4.5. Maquinaria o herramientas específicas para la reparación***

No existen herramientas específicas para la reparación o desmontaje de este tipo de dispositivos. Como se ha indicado en el [apartado 3.4.4](#) las herramientas a emplear deben ser de uso generalizado y de fácil acceso o adquisición.

#### ***3.4.6. Disponibilidad y funcionalidad de las actualizaciones del firmware***

El firmware o soporte lógico inalterable es un programa informático que establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo de cualquier tipo. Está fuertemente integrado con la electrónica del dispositivo: es el software que tiene directa interacción con el hardware, siendo así el encargado de controlarlo para ejecutar correctamente las instrucciones externas.

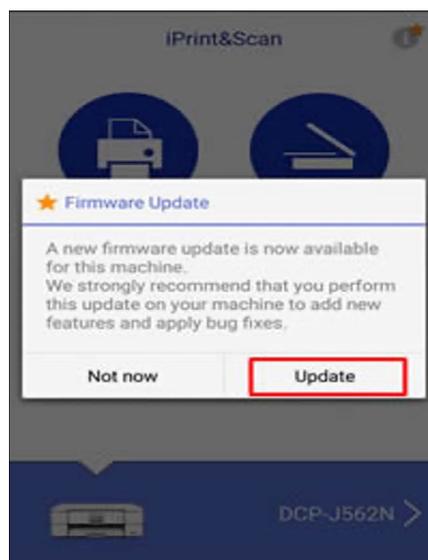
El firmware de las impresoras permite que funcionen y se puedan conectar a un ordenador, es habitual que los fabricantes desarrollen a menudo nuevas actualizaciones del mismo para aumentar las funcionalidades de sus modelos. Estas actualizaciones permiten al usuario imprimir desde dispositivos móviles o mejorar la calidad de la imagen impresa.

Como se ha explicado anteriormente los dispositivos están diseñados para ser «preparados para el futuro», por ello los fabricantes diseñan plataformas de firmware comunes

para cada serie de impresoras. Esto significa que en toda una línea de productos se ejecuta en un sistema operativo común mejorando la compatibilidad entre dispositivos, simplificando la gestión y optimizando las actualizaciones de los dispositivos. Este sistema elimina efectivamente la necesidad de que los clientes reemplacen impresoras y nuevos modelos antes del final de la vida útil solo para tener acceso a mejores funciones.

Según el Acuerdo Voluntario de la industria de la impresión<sup>27</sup> el firmware debe estar disponible durante un periodo mínimo de 5 años después de la comercialización de la última unidad del modelo del producto en cuestión de forma gratuita o a un precio no discriminatorio.

Cuando los fabricantes lanzan una actualización para toda la serie para agregar nuevas funcionalidades, los usuarios pueden mantener sus dispositivos por más tiempo porque esencialmente están obteniendo nuevas funciones sin tener que cambiar a un nuevo dispositivo (**Figura 28**). Este diseño aumenta efectivamente la vida útil de la impresora multifunción para los usuarios<sup>15</sup>.



**Figura 28.** Alerta de actualización automática de un dispositivo de impresión.

**Fuente:** Centro de soporte de Brother (<https://www.brother.es/soporte/support-center-app>).

Es importante asegurar que se tienen las últimas actualizaciones de firmware utilizando las herramientas de actualización de software adecuadas. El fabricante será el responsable de poner a disposición de los usuarios el acceso a estas actualizaciones al igual que la información necesaria para su correcta instalación. Sin embargo, y aunque no es lo habitual, puede darse el caso de que no existan actualizaciones para algunos modelos de impresoras por su antigüedad o porque, directamente, no se han desarrollado.

Hay casos en los que actualizar el firmware es incompatible con el empleo de cartuchos o tóners no originales. Algunos usuarios incluso llegan a recomendar desactivar

las actualizaciones automáticas, pues la impresora puede no reconocer el cartucho o tóner. En la actualidad existen organizaciones de consumidores que reclaman que estas prácticas sean revisadas o reguladas pues son consideradas engañosas, además de perjudiciales para el consumidor y poco sostenibles<sup>57</sup>.

Lo normal es que las actualizaciones de firmware se puedan ejecutar a partir de la descarga de esta desde la página web del fabricante, pero algunas tienen la opción de instalar un *Update* adicional que busca y ejecuta las actualizaciones directamente e incluso existen dispositivos que permiten la actualización a través del chip del cartucho. Normalmente se desarrolla un firmware para cada serie de impresoras, en los que se incluyen diferentes modelos. Las actualizaciones pueden tardar entre uno o dos años desarrollarse dependiendo de las características de los modelos y series al igual que de los objetivos de la actualización. Según el informe sobre el ciclo de vida de una impresora desarrollado por Keypoint Intelligence<sup>15</sup>, varios fabricantes de equipos de impresión están construyendo su hardware para permitir a los usuarios finales aprovechar al máximo su inversión en hardware a través de un diseño con visión de futuro.

#### 3.4.7. *Propuestas de mejora de la reparabilidad*

Una de las apuestas más claras de los fabricantes para la mejora de la reparabilidad de los equipos de impresión es la obtención de etiquetas ecológicas para sus dispositivos. Actualmente existen algunas ecoetiquetas que están relacionadas de forma más o menos directa con las impresoras o con la industria de la reprografía y la obtención de las mismas conlleva el cumplimiento de ciertos requisitos medioambientales, de salud pública, reciclabilidad, reparabilidad o alargamiento de la vida útil en general (**Figura 29**).

La ecolabel «*Nordic Swan*» para equipos de impresión<sup>58</sup> es un etiquetado que se otorga a impresoras, escáneres, fotocopiadoras y máquinas de fax con bajo consumo de energía, bajas emisiones de partículas, bajos niveles de ruido y sin los retardadores de llama más peligrosos. Debido a que prohíbe el uso de determinados productos químicos peligrosos, estos no se liberan ni durante la fase de uso ni durante su eliminación.

Los requisitos que deben cumplir los equipos de impresión para que se les conceda este reconocimiento se centran en los siguientes aspectos: bajo consumo de energía, materiales plásticos y aditivos (por ejemplo, retardadores de llama), capacidad de impresión dúplex y consumibles durante el uso, reciclaje del producto una vez desechado, emisiones de contaminantes y ruido en las áreas de trabajo y materiales del embalaje.

Esta etiqueta también puede ser otorgada a cartuchos de tóner que pueden ser reutilizados (tras una fase de limpieza y relleno) antes de ser valorizados energéticamente,

<sup>57</sup> <https://www.ocu.org/tecnologia/impresora/noticias/denuncia-hp-cartuchos>

<sup>58</sup> <https://www.nordic-ecolabel.org/product-groups/group/?productGroupCode=015>

siempre y cuando estos cumplan una serie de requisitos (manufacturados por fabricantes originales, restricciones en el uso de determinados compuestos, etc.)<sup>59</sup>.

La conocida etiqueta norteamericana «*Energy Star*», creada en 1992, también es de aplicación a las impresoras. Los dispositivos con este galardón de reconocimiento mundial deben cumplir unos estándares (más exigentes desde 2007) de eficiencia en el consumo de energía. Su página web ofrece un buscador para localizar las características de los equipos de impresión certificados de entre más de 2.000 dispositivos<sup>60</sup>. Se ha calculado que, los modelos comerciales de equipos de impresión que cumplen los requisitos de ENERGY STAR v2.0 son, por término medio, un 44 % más eficientes energéticamente que los modelos convencionales, lo que genera una reducción importante del coste de la energía en el trabajo con dichos dispositivos<sup>61</sup>.

Una de los etiquetados ambientales más importantes para equipos de impresión es el alemán «*Blue Angel*». Los dispositivos que han recibido esta etiqueta consumen mucha menos energía eléctrica en comparación con la media de otros dispositivos del mercado y tienen bajas pérdidas sin carga (pérdidas fuera de la fase de uso regular de los dispositivos). Además, deben cumplir con una serie de requisitos de diseño, longevidad y reciclaje y deben utilizar materiales poco contaminantes en las piezas de plástico (incluyendo un nivel mínimo de plástico reciclado) para reducir los riesgos que representan para el medio ambiente y la salud humana. Por tanto, proporcionan buenas condiciones marco para la recuperación eficiente de los materiales utilizados<sup>62</sup>.

Profundizando en el criterio referido a la longevidad de los dispositivos y su capacidad de reparación para el consumidor final, los fabricantes deben proporcionar una lista claramente definida de piezas de repuesto que incluya información de reparación como instrucciones, ilustraciones o dibujos de despiece.

Además, el distribuidor que comercialice dispositivos con la etiqueta *Blue Angel* se compromete a asegurar los repuestos necesarios para la reparación de los dispositivos durante al menos 5 años después de la finalización de la producción del dispositivo, así como a mantener informado al usuario (en caso de requerirlo) sobre esta disponibilidad de piezas y a ofrecerle opciones de reparación fácilmente accesibles para el dispositivo. A partir del 1 de enero de 2022, el compromiso de garantía para

<sup>59</sup> <https://www.nordic-ecolabel.org/product-groups/group/?productGroupCode=008>

<sup>60</sup> [https://www.energystar.gov/productfinder/product/certified-imaging-equipment/results?formId=841970-323-42-82-97489840&scrollTo=457&search\\_text=&brand\\_name\\_isopen=0&marking\\_technology\\_isopen=0&markets\\_filter=United+States&zip\\_code\\_filter=&product\\_types=Select+a+Product+Category&sort\\_by=brand\\_name&sort\\_direction=asc&currentZipCode=28001&page\\_number=0&lastpage=0](https://www.energystar.gov/productfinder/product/certified-imaging-equipment/results?formId=841970-323-42-82-97489840&scrollTo=457&search_text=&brand_name_isopen=0&marking_technology_isopen=0&markets_filter=United+States&zip_code_filter=&product_types=Select+a+Product+Category&sort_by=brand_name&sort_direction=asc&currentZipCode=28001&page_number=0&lastpage=0)

<sup>61</sup> <https://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/criteria/imaging/ES.pdf>

<sup>62</sup> Recientemente también se han incluido como Criterios Básicos de Adjudicación de la etiqueta los requisitos para la debida diligencia de las empresas en el abastecimiento de materias primas y el apoyo a las iniciativas locales para promover la minería responsable, además de criterios de sostenibilidad social en el proceso de fabricación.

el suministro de repuestos, la información relativa a los servicios, firmware, software y controladores y la disponibilidad de la infraestructura necesaria para la reparación se amplia, para mantenerse durante al menos 7 años (5 años en dispositivos remanufacturados) después de la puesta en el mercado de la última unidad del modelo<sup>63</sup>.

Existen otras ecoetiquetas en el mercado para los equipos de impresión, tintas o tóner, como la japonesa Eco Mark<sup>64</sup>, pero son menos conocidas en Europa.



**Figura 29.** De izquierda a derecha, ecoetiquetas «Nordic Swan», «Energy Star» y «Blue Angel». **Fuente:** Respectivas webs oficiales.

Por último, la UE todavía no ha otorgado a ningún producto la ecoetiqueta europea para equipos de impresión que se viene desarrollando desde 2013<sup>65</sup>, aunque los criterios definidos sí se han incorporado a la Compra Pública Verde europea, materializada en España a través del Plan de Contratación Pública Ecológica<sup>66</sup>.

La etiqueta ecológica de la UE para equipos de impresión (impresoras, fotocopiadoras y dispositivos multifuncionales capaces de crear imágenes digitales a partir de copias impresas a través de procesos de escaneo) comprende productos comercializados para uso doméstico y de oficina, y capaces de imprimir en forma de documento en papel, foto o digital. Estos productos tienen que estar diseñados para que el consumo de papel pueda ser limitado fácilmente (impresión y copia automática a doble cara, etc.), para ahorrar energía y garantizar la capacidad de utilizar tóner o cartuchos de tinta remanufacturados<sup>67</sup>.

No obstante, el listado de criterios ecológicos que ha de cumplir un dispositivo para ser premiado con esta ecolabel se recoge, a modo de resumen, en la siguiente tabla (**Tabla 9**).

<sup>63</sup> <https://www.blauer-engel.de/en/productworld/printers-and-multifunction-devices-new/prINTER?mfilter%5B0%5D%5Btype%5D=producttypes&mfilter%5B0%5D%5Bvalue%5D=759&url=https%3A%2F%2Fwww.blauer-engel.de%2Fen%2Fproductworld%2Fprinters-and-multifunction-devices-new%2Fprinter>

<sup>64</sup> <https://www.ecomark.jp/nintei/133.html>

<sup>65</sup> Decisión de la Comisión de 17 de diciembre de 2013 por el que se establecen los criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica de la UE a los equipos de imagen, Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013D0806>

<sup>66</sup> <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/plan-de-contratacion-publica-ecologica/>

<sup>67</sup> <https://ec.europa.eu/environment/ecolabel/documents/Imaging%20equipment%20Factsheet.pdf>

**Tabla 9. Criterios de la etiqueta ecológica de la UE para equipos de impresión.****Fuente: Comisión Europea.**

Fase del CV	Criterios	Detalle
<b>FABRICACIÓN</b>	Sustancias y mezclas	No se concederá la etiqueta ecológica a ningún producto, artículo suyo o parte homogénea del mismo que contenga sustancias que respondan a los criterios de clasificación con las siguientes fases de peligro <sup>68</sup> : H300, H301, H304, H310, H311, H330, H331, H340, H341, H350, H350i, H351, H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df, H361f, H361d, H361fd, H362, H370, H371, H372, H373, H400, H410, H411, H412, H413, EUH059, EUH029, EUH031, EUH032, EUH070. Las fuentes de iluminación empleadas en el equipo no deberá contener mercurio y sus derivados.
	Consumibles de tinta y tóner	El equipo acepta consumibles de tinta o tóner remanufacturados y tendrá que estar diseñado teniendo en cuenta dicha reutilización. No podrán añadirse a los tóners y tintas sustancias que contengan mercurio, cadmio, plomo, níquel, compuestos de cromo VI, colorantes azoicos que puedan liberar aminas aromáticas carcinógenas, etc.
	Embalaje	Las cajas de cartón del embalaje final deberán estar fabricadas con al menos un 80 % de material reciclado. Las bolsas de plástico del embalaje final deberán estar hechas de al menos un 75% de material reciclado o ser biodegradables o compostables.
<b>USO</b>	Gestión del papel	Cuando el equipo sea administrado por el software original del fabricante, deberá ofrecer (y de forma predeterminada) la posibilidad de impresión automática a doble cara. Cuando el usuario cambie la impresión a una cara, el software mostrará en la pantalla del ordenador un mensaje del fabricante que advierta de que dicha configuración aumenta el impacto ambiental. El producto debe ser capaz de operar con total garantía papel reciclado (100 % papel post-consumo).
	Eficiencia energética	El consumo de energía del producto deberá cumplir con los requisitos de eficiencia energética de los criterios <i>Energy Star v2.0</i> para equipos de impresión e incluirá un modo de «espera en red».
	Emisiones en interiores	Durante su funcionamiento, el producto no superará los siguientes umbrales de contaminantes atmosféricos (mg/h): - COVT: 10 y 18 (para impresión monocromática y a color, respectivamente) - Benceno: <0,05. - Estireno: 1 y 1,8 (ídem). - COV únicos no identificados: 0,9. - Ozono: 1,5 y 3 (ídem, solo para impresión electrofotográfica). - Polvo: 4,0 (solo para impresión electrofotográfica).
	Ruido	Para la impresión monocromática y en color los niveles de potencia acústica ponderados A no deben exceder los 75 dB.
	Información al usuario	El manual de usuario deberá incluir, en todos los idiomas de los países en el que se comercializa el producto, información sobre la relevancia ambiental del consumo de papel, el ruido, la reutilización de cartuchos de tinta y tóner y la usabilidad del papel reciclado, además de las instrucciones sobre cómo maximizar el rendimiento medioambiental del equipo y el porcentaje en masa del contenido reciclado y reutilizado del producto.
	Información que figura en la ecolabel de la UE	El etiquetado opcional deberá contener el siguiente texto: - Diseñado para una gestión eficiente del papel. - Alta eficiencia energética. - Uso minimizado de sustancias peligrosas
	Garantía, garantía de reparaciones y suministro de piezas de repuesto	El solicitante deberá proporcionar e informar a los usuarios de la existencia de una garantía para cubrir las reparaciones o el reemplazo durante un mínimo de 5 años, así como la disponibilidad de repuestos e infraestructura necesaria para la reparación del equipo durante un período de al menos 5 años después del final de la producción del modelo.
<b>FIN DE VIDA</b>	Reutilización, reciclaje y fin de vida	Personal cualificado deberá ser capaz de actualizar las piezas obsoletas y de separar todos los materiales para favorecer el reciclaje o la reutilización.

<sup>68</sup> De acuerdo con el Reglamento (CE) n° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008R1272-20211001&from=ES>) o sustancias contempladas en el artículo 57 del Reglamento (CE) n° 1907/2006 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1907-20140410&from=ES>)

Por otro lado, conocidos los numerosos problemas y costes asociados a los cartuchos de tinta de las impresoras, en la actualidad algunos fabricantes están apostando por soluciones alternativas y novedosas, como la incorporación de tanques de tinta en sus impresoras en lugar de los cartuchos convencionales. Estos depósitos son de mayor capacidad y se recargan con tinta líquida una vez que se hayan agotado (no hay cambio de cartuchos, simplemente se rellenan los tanques de nuevo). Dichos dispositivos suelen tener un precio elevado que compensan con un bajo gasto en consumibles.

Estos dispositivos suelen ser una buena opción si se imprime frecuentemente y las marcas de fabricantes más conocidos ya han presentado estas impresoras como la solución a los elevados costes de la tinta, aunque sin el impacto en el mercado y el consumidor que se esperaba. Canon, por ejemplo, dispone de una gama de este tipo de impresoras bajo el nombre comercial EcoTank (**Figura 30**). Según dicho fabricante, las impresoras con esta tecnología suponen un ahorro de dinero de hasta el 90 % en cartuchos<sup>69</sup>.



**Figura 30.** Impresora multifuncional EPSON L3160, de la gama EcoTank. Se aprecian los botes de tinta (izq.) y los depósitos de tinta de la impresora (der.).

**Fuente:** Epson.

<sup>69</sup> <https://www.epson.es/for-home/ecotank>

# COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y COSTE ECONÓMICO ENTRE PRODUCTOS DE A CORTO Y LARGO PLAZO

## 1. Introducción

Como se puede ver en la introducción del *Estudio pormenorizado de una impresora doméstica* previo, la problemática que supone el incremento de RAEE en Europa ha promovido la elaboración de directivas de alto impacto en materia de AEE, como la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 por la que se insta un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía<sup>70</sup>, la Directiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de junio de 2011, sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos<sup>3</sup>, la Directiva 2012/19/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos<sup>4</sup>, o la Directiva 2018/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética<sup>71</sup>. Mediante estas normas se han desarrollado metodologías de evaluación de la eficiencia energética de los diversos aparatos eléctricos y electrónicos disponibles en el mercado, siendo una de las más importantes la etiqueta ecológica, que proporciona información a los consumidores sobre el consumo de energía o reciclabilidad del producto. Esto facilita la adquisición de productos más ecológicos por parte del consumidor e incentiva a los fabricantes a seguir desarrollando mejoras e innovación.

Concretamente, en la línea de la gestión de los RAEE, la Comisión Europea lleva desde mediados de 2014 trabajando en la modernización de la política y objetivos sobre estos residuos, basándose en la prevención, el diseño ecológico y la reutilización bajo el paradigma de la economía circular. Uno de los hitos de esta modernización ha sido la publicación del Nuevo Plan de Acción para la Economía Circular por una Europa más limpia y más competitiva<sup>72</sup> que constituye uno de los principales elementos incluidos en el nuevo programa de Europa para el crecimiento sostenible (*European Green Deal*). Este plan recoge en el apartado 3.1 «Electrónica y TIC», la problemática que la obsolescencia supone en la generación RAEE, pues aproximadamente dos de cada tres europeos desearían seguir utilizando sus dispositivos digitales durante más tiempo, siempre que las prestaciones de estos no se vean significativamente afectadas.

<sup>70</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009L0125-20121204&qid=1664345931836&from=ES>

<sup>71</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2002&from=EN>

<sup>72</sup> Comisión Europea (2020). Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social europeo y al Comité de las Regiones. Nuevo Plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y más competitiva. COM(2020) 98 final. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/nuevoplannedeaccionparalaeconomiacircular\\_tcm30-527275.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/nuevoplannedeaccionparalaeconomiacircular_tcm30-527275.pdf)

Uno de los factores clave para disminuir la generación de estos residuos es mantener el primer uso del producto electrónico para el que fue diseñado, ya que, al menos a día de hoy, cualquier forma de renovación, refabricación, reprocesamiento o reciclaje requiere necesariamente una inyección adicional de recursos y a veces conlleva una degradación de la funcionalidad del producto o de su valor material. Es por ello que cobra especial importancia que los productos puestos en el mercado a disposición de los consumidores sean de buena calidad, ecológicos, reparables y estén diseñados para durar en el tiempo, retrasando al máximo la generación de residuos.

En el caso de un producto como las impresoras, tan relacionado históricamente con la obsolescencia, es precisamente lo que se pretende poner de manifiesto en esta segunda parte del estudio, para lo cual se ha realizado una comparativa teórica económico-ambiental de dos dispositivos ficticios con diferente vida útil y diferentes características en cuanto a durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad que evalué la idoneidad de aumentar su Ciclo de Vida.

## 2. Objetivo

El objetivo general es analizar las implicaciones ambientales y económicas de alargar la vida útil de un AEE, como son las impresoras, a lo largo de gran parte de su Ciclo de Vida.

Para ello, se han cuantificado los impactos ambientales (mediante un ACV) y económicos (mediante un ACCV) generados durante el Ciclo de Vida de dos impresoras domésticas de inyección de tinta:

- 1) Una impresora ficticia cuyo comportamiento y características sean representativos de los productos disponibles actualmente en mercado que represente a un producto «de corto plazo» en términos de vida útil (caso Base).
- 2) Una impresora ficticia que, partiendo de la anterior, presente mejoras de diseño estratégicas que alarguen su vida útil, en representación del producto «de largo plazo» (caso Mejorado).

Para el ACV se ha utilizado el software SimaPro, mientras que para el ACCV se utilizará una metodología propia elaborada en una hoja de cálculo de Excel.

## 3. Alcance y límites del sistema

El sistema producto es una impresora multifunción de inyección de tinta doméstica de gama media. Tras el análisis de la información de diversas fuentes, se considera una impresora con un Ciclo de Vida de 5 años. Por lo tanto, este será el marco temporal en el que se cuantificarán los impactos y costes considerados en este estudio

para la impresora del caso Base. Por otro lado, las mejoras de diseño propuestas (véase [apartado 6](#)) permitirán incrementar el Ciclo de Vida de la impresora del caso Mejorado hasta los 7 años.

La metodología seguida para el ACV se basa en las siguientes normas:

- UNE EN ISO 14040: 2006. Gestión Medioambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia<sup>73</sup>.
- UNE-EN ISO 14044:2006. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices<sup>74</sup>.

Para este tipo de estudios, la descripción de los límites del sistema suele seguir las fases clave del Ciclo de Vida de un producto, que puede dividirse de forma simplificada en las fases de Fabricación, Uso y Fin de Vida (véase [apartado 3.3](#) del *Estudio pormenorizado de una impresora doméstica* previo). Sin embargo, se ha optado por presentar más detalladamente las fases del Ciclo de Vida consideradas, en la que se indica, con mayor precisión, lo que está incluido y lo que no (**Tabla 10**). Se recuerda que los límites del sistema aquí definidos se aplican a ambos casos (Base y Mejorado).

**Tabla 10.** Cuadro resumen de los límites del sistema considerados según las fases del Ciclo de Vida de una impresora multifunción de inyección de tinta.

**Fuente:** elaboración propia a partir de UL (2012)<sup>75</sup>.

FASES CICLO DE VIDA DE UNA IMPRESORA	LÍMITE DEL SISTEMA	OBSERVACIONES
<b>1. Extracción, procesamiento y transporte de materias primas:</b>		
De la impresora multifunción.	<b>INCLUIDO</b>	Incluye el escáner. Los flujos de residuos producidos en la fase de extracción y procesamiento de materias primas (y su tratamiento y transporte) están incluidos en la base de datos de Ecoinvent <sup>1</sup> .
De los cartuchos de tinta (consumible)	<b>INCLUIDO</b>	Los flujos de residuos producidos en la fase de extracción y procesamiento de materias primas (y su tratamiento y transporte) están incluidos en la base de datos de Ecoinvent <sup>1</sup> .
Del papel (consumible)	<b>EXCLUIDO</b>	Pese a que la fabricación y consumo de papel es muy relevante en cuanto a generación de impactos en los estudios de ACV de impresoras, se ha decidido excluirlo por no estar directamente relacionado con la obsolescencia en estos aparatos y analizar de forma aislada a las impresoras como dispositivo.

<sup>73</sup> UNE-EN ISO 14040:2006. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia (ISO 11040:2006). Disponible en: <https://en.tienda.aenor.com/norma-une-en-iso-14040-2006-n0038060>

<sup>74</sup> UNE-EN ISO 14044:2006/A1:2018. Gestión ambiental. Evaluación del ciclo de vida. Requisitos y directrices. Modificación 1. (ISO 14044:2006/Amd 1:2017). Disponible en: <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-iso-14044-2006-a1-2018-n0060852>

<sup>75</sup> UL Environment Solutions (2012). *Product category rules for preparing an environmental product declaration (EPD) for printer and multifunction printing units*. Disponible en: <https://silos.tips/download/product-category-rules-for-preparing-an-environmental-product-declaration-epd-fo>

FASES CICLO DE VIDA DE UNA IMPRESORA	LÍMITE DEL SISTEMA	OBSERVACIONES
De los accesorios (instrucciones, CD-ROM de controladores, etc.)	<b>EXCLUIDO</b>	Se excluyen los accesorios para realizar funciones que incluyen controladores de impresora proporcionados en CD-ROM u otros medios, y manuales en formato impreso, CD-ROM u otros formatos.
Del embalaje	<b>INCLUIDO</b>	Se incluye el embalaje final del dispositivo. Se excluyen los que se usan repetidamente en los accesorios.
Transporte de materias primas	<b>EXCLUIDO</b>	Excluido, salvo que estén incluidos como datos secundarios de la base de datos de Ecoinvent <sup>1</sup> .
<b>2. Fabricación de componentes y ensamblaje del dispositivo</b>	<b>INCLUIDO</b>	Se basa en datos secundarios (Ecoinvent <sup>1</sup> ). Cuando es posible se incluye en proceso de fabricación genérico. El proceso de ensamblaje (consumos, recursos y emisiones y residuos generados) queda excluido al no considerarse variación entre el caso Base y el caso Mejorado.
<b>3. Distribución del producto a centro de venta</b>	<b>INCLUIDO</b>	Distancias medias basadas en la metodología MEErP <sup>2</sup>
<b>4. Uso del producto:</b>		
Adquisición del producto	<b>EXCLUIDO ACV INCLUIDO ACCV</b>	Se incluye el coste de la compra del producto en el ACCV.
Consumo eléctrico	<b>EXCLUIDO</b>	Se excluye al considerarse igual en el caso Base y en el caso Mejorado (misma eficiencia energética, sin variación).
Consumo de cartuchos de tinta	<b>INCLUIDO</b>	Pese a ser un componente externo, se incluye por su relación con las problemáticas asociadas a obsolescencia.
Consumo de papel	<b>EXCLUIDO</b>	Pese a que la fabricación y consumo de papel es muy relevante en cuanto a generación de impactos en los estudios de ACV de impresoras, se ha decidido excluirlo por no estar directamente relacionado con la obsolescencia de estos aparatos, contrariamente a lo que ocurre con los cartuchos de tinta.
Mantenimiento	<b>EXCLUIDO</b>	Se excluye el mantenimiento al ser el dispositivo objeto del estudio una impresora de tinta para uso doméstico.
Reparación del producto	<b>EXCLUIDO ACV INCLUIDO ACCV</b>	Excluido para el ACV pero incluido para el ACCV (costes de reparación, piezas, tiempo de operación, etc., pero no costes de transporte asociados).
<b>5. Fin de Vida del producto:</b>		
Reutilización	<b>INCLUIDO</b>	Se excluye el transporte de los residuos.
Reciclaje	<b>INCLUIDO</b>	
Recuperación energética (valorización)	<b>INCLUIDO</b>	
Eliminación (depósito en vertedero)	<b>INCLUIDO</b>	
<sup>1</sup> Véase <a href="#">apartado 5.1.2.2.</a>		
<sup>2</sup> Véase <a href="#">apartado 5.1.2.1.</a>		

A efectos prácticos, durante el resto del trabajo las fases 1 y 2 se unifican como fase de Fabricación.

#### 4. Unidad funcional

La unidad funcional del sistema será una impresora multifunción de inyección de tinta con capacidad para imprimir 1.200 págs./año. Como se ha dicho, a la impresora del caso Base se le asigna una vida útil de 5 años, lo que resulta en un ciclo de impresión total para de 6.000 páginas, en el que será necesario el empleo de 120 cartuchos de tinta de duración estándar (según ISO/IEC 24711<sup>76</sup>), es decir, 30 cartuchos por cada uno de los cuatro colores.

Las mejoras de diseño propuestas e incluidas en la impresora del caso Mejorado (véase [apartado 6](#)) permiten incrementar su Ciclo de Vida de 5 a 7 años, lo que hace que el ciclo de impresión total aumente hasta las 8.400 páginas, empleando 84 cartuchos de tinta de larga duración (según ISO/IEC 24711<sup>76</sup>), es decir, 21 cartuchos por cada uno de los cuatro colores (**Tabla 11**).

**Tabla 11.** Unidad funcional del caso Base y del caso Mejorado.  
*Fuente: elaboración propia<sup>77</sup>.*

	Caso Base	Caso Mejorado	Unidades
Capacidad de impresión	1.200	1.200	Págs./año
Vida útil	5	7	Años
Volumen de impresión a lo largo de su vida útil	6.000	8.400	Págs.
Duración estándar (según ISO/IEC 24711 <sup>76</sup> )	200	400	Págs./cartucho
Cartuchos necesarios durante la vida útil del producto	30	21	Cartuchos/color
Cartuchos totales	120	84	Cartuchos
Cartuchos al año	24	12	Cartuchos/año

Por tanto, para cubrir el ciclo de impresión en el caso Mejorado se ha estimado que son necesarias **1,4 impresoras** del caso Base (volumen de impresión del caso Mejorado/volumen de impresión del caso Base) o, dicho de otro modo, 1 impresora del caso Base y un hipotético 40 % de otra (0,4), frente a 1 impresora del caso Mejorado.

<sup>76</sup> ISO/IEC 24711:2021. *Information technology – Office equipment – Method for the determination of ink cartridge yield for colour inkjet printers and multi-function devices that contain printer components*. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/77902.html>

<sup>77</sup> Los datos utilizados para realizar los análisis no representan a ningún modelo o marca existente y solo pretenden representar de forma genérica los rasgos estándares de las impresoras tipo que se pueden encontrar en el mercado.

## 5. Definición del caso Base

### 5.1. Análisis del Ciclo de Vida (ACV) del caso Base

#### 5.1.1. Definición del *Bill of Materials* (BOM) del caso Base

##### 5.1.1.1. Selección del producto de referencia y referencias bibliográficas

El modelo de impresora sujeto a estudio corresponde a una impresora multifunción de inyección de tinta pensada para un uso doméstico. Estos dispositivos están compuestos por una carcasa plástica que protege la estructura y funcionamiento interno, una unidad escáner acoplada en la parte superior y, como elemento externo, los cartuchos de tinta (sin cabezales de impresión incorporados). Los datos básicos del dispositivo serían los siguientes:

- Peso: 8 kg.
- Sistema de impresión: Impresión dúplex automática.
- Consumibles: Cartuchos de cuatro colores (cyan, magenta, amarillo y negro) de tinta de duración estándar.
- Ciclo de Vida: 5 años<sup>78</sup>.

Por otro lado, se debe hacer constar que:

- 1) La información bibliográfica disponible con un nivel suficiente de detalle sobre este tipo de dispositivos normalmente es escasa o de muy difícil acceso; y,
- 2) No se ha contado con ningún tipo de información proporcionada por fabricantes de equipos originales.

Teniendo presente estas dos importantes limitaciones, la información básica del dispositivo anteriormente expuesta, como el resultado del listado de materiales (del inglés «*Bill Of Materials*», en adelante, BOM)<sup>79</sup> presentado en el siguiente apartado, ha sido elaborada de forma teórica y basándose, en mayor o menor medida, en las siguientes fuentes bibliográficas, además de en estimaciones, hipótesis y asunciones del equipo técnico redactor:

- Katarzyna Grzesik (2012): «***Life cycle assessment of an inkjet printer***»,<sup>80</sup>: En este artículo, se realiza una evaluación del Ciclo de Vida de una impresora de inyección

---

<sup>78</sup> Collado, D., Bastante, M. J., Jordá, S., Ferrer, P., & Capuz-Rizo, S. F. (2008). *Análisis de ciclo de vida de una impresora multifuncional*. Disponible en: [http://dspace.aeipro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/1960/CIIP08\\_0821\\_0832.PDF?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.aeipro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/1960/CIIP08_0821_0832.PDF?sequence=1&isAllowed=y)

<sup>79</sup> Una lista de materiales (*Bill Of Materials*) o estructura del producto es una lista de las materias primas, los subensamblajes, los ensamblajes intermedios, los subcomponentes, las piezas y las cantidades de cada uno necesarias para fabricar un producto final.

<sup>80</sup> Katarzyna Grzesik (2012): «*Life cycle assessment of an inkjet printer*». Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/276385268\\_Life\\_cycle\\_assessment\\_of\\_an\\_inkjet\\_printer](https://www.researchgate.net/publication/276385268_Life_cycle_assessment_of_an_inkjet_printer)

de tinta modelo HP DeskJet D1360 fabricado en Taiwán y usado y desechado en Polonia. Los límites del sistema de este estudio incluyen también los consumibles esenciales para el funcionamiento de la impresora: papel y tinta, así como el consumo de electricidad. Se proporcionaron valores para once categorías de impacto (con la aplicación del Eco-Indicator 99), siendo el uso de papel, seguido de la fabricación del producto y el consumo de electricidad las etapas más significativas. El BOM como fuente de información que se puede extraer de este artículo (**Tabla 12**) cuenta con un inconveniente fundamental: el ACV está basado en un modelo de impresora que ya puede ser considerado como muy antiguo (10 años), siendo el año de publicación del estudio, 2012. Dada la velocidad a la que ha evolucionado la tecnología en los últimos años, es indudable pensar que algunos componentes, materiales o piezas hayan sufrido modificaciones y cambios, aunque el funcionamiento general del dispositivo sea el mismo. Por otro lado, este modelo de impresora no tiene escáner incorporado ni duplexado automático, lo que influye significativamente en el peso total del dispositivo. Por último, existen varias asunciones para algunos materiales que no pudieron ser identificados o que se cuantificaron como «*otros*» en el trabajo. Esto es una práctica habitual a la hora de elaborar ACV cuando no se dispone de la información de primera mano del fabricante, algo que también ocurre en el presente estudio. No obstante, pese a todo lo anterior, es un listado de materiales básico lo suficientemente representativo como para ser analizado para la elaboración del BOM del caso Base del presente trabajo.

**Tabla 12.** BOM de HP DeskJet D1360.

*Fuente:* Grzesik, (2012)<sup>80</sup>, modificado.

Componente	Subcomponente	Material	Peso	
			Masa(g)	Porcentaje (%)
Carcasa	Estructura ppal., tapa, cubierta posterior y bandejas para papel	HIPS <sup>1</sup>	889	43,58 %
Partes metálicas	Soporte ppal., soporte y rodillos	Acero	287	14,07 %
Cables	Conductores	Cobre	90	4,41 %
	Aislamiento	PVC <sup>2</sup>	287	14,07 %
Electrónica	Placas de cableado (PWB)	Varios	66	3,24 %
Partes pequeñas	Tornillería, muelles y otros	Acero	32	1,57 %
	Otros	ABS <sup>3</sup>	33	1,62 %
Partes plásticas	Soportes internos	ABS <sup>3</sup>	298	14,61 %
<b>Peso impresora (sin cartuchos)</b>			<b>1.982</b>	<b>97,16 %</b>
Cartuchos y tinta (negro+tricolor)			58	2,84 %
<b>PESO TOTAL</b>			<b>2.040</b>	<b>100,00 %</b>

<sup>1</sup>HIPS: Poliestireno de alto impacto (*High Impact Polystirene*).  
<sup>2</sup>PVC: Cloruro de polivinilo (*Polyvinyl Chloride*).  
<sup>3</sup>ABS: Acronitrilo butadieno estireno (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*).

- Jason Ord & Tom DiCorcia (2005), «*Life Cycle Inventory for an Inkjet Printer*»<sup>81</sup>: En este informe se proporciona un inventario del Ciclo de Vida de una impresora de inyección de tinta típica con el objetivo de concienciar a los diseñadores de productos sobre los flujos de los materiales de los componentes extendidos a todo el Ciclo de Vida, identificando los más relevantes. El estudio identifica la fase de uso como la que tiene los mayores flujos de recursos ambientales. En concreto, el consumo medido de materias primas y la producción de residuos sólidos y efluentes en el aire y el agua estuvieron dominados por el uso de papel, el consumo eléctrico y el consumo de cartuchos de tinta. Aunque los componentes electrónicos utilizados en la impresora constituyen menos de 14 % del peso de la impresora, resultaron estar asociados significativamente con los gases de efecto invernadero y el SO<sub>x</sub>. El BOM de este estudio es, nuevamente, demasiado antiguo como para considerarse representativo del mercado actual, y tampoco hay una disgregación por materiales a un nivel de detalle deseable para el presente estudio. No obstante, es un punto de partida para tomar referencias de tipologías de materiales y pesos y, además, aporta el dato de material reciclable/no reciclable total, lo que es información interesante para conocer la proporción aproximada del potencial de reciclabilidad de una impresora<sup>82</sup> (**Tabla 13**).

**Tabla 13.** *Materiales de un modelo indeterminado de impresora.*  
Fuente: Ord & DiCorcia (2005).

Elemento	Componente	Masa (g)	Comentario
IMPRESORA	<b>Metales (total)</b>	<b>910</b>	
	Acero	696	
	Aluminio	165	
	Cobre	49	Bobinado del motor
	<b>Plásticos (total)</b>	<b>2.179</b>	
	<i>Reciclables</i>	1.887	
	<i>No-Reciclables</i>	292	
	ABS	163	851 g de ABS incluidos como «Otros plásticos»
	HIPS	1.472	
	Otros plásticos	544	Modelado como ABS
	<b>Otros, general (total)</b>	<b>144</b>	Incluye elastómeros, etc. Modelado como ABS
	<b>Electrónica</b>	<b>507</b>	Incluye cables externos y fuente de alimentación.
	<b>IMPRESORA (TOTAL)</b>	<b>3.740</b>	
	<i>Materiales reciclables (total)</i>	2.947	Incluye metales, plástico reciclable, cobre.
	<i>Materiales reciclables (%)</i>	79 %	

<sup>81</sup> Ord, J. & DiCorcia, T. (2005) «Life Cycle inventory for an Inkjet Printer». University of Michigan. Ann Arbor, Michigan, USA. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/341290779/Life-Cycle-Inventory>

<sup>82</sup> No se debe confundir la reciclabilidad potencial de los materiales en las impresoras con el reciclaje real de las mismas, ya que, a menudo, distan bastante.

Elemento	Componente	Masa (g)	Comentario
CARTUCHO DE TINTA	Plásticos (total)	20	
	PET <sup>1</sup> + 15 % GF	20	
	Otros plásticos	?	No medido. Se asume que es PET <sup>1</sup>
	Otros, general (total)	?	No medido. Se asumen que es PET <sup>1</sup>
	Electrónica	4	Placas de circuitería impresas, circuitos flexibles
	Tinta	21	
	<b>CARTUCHO (TOTAL)</b>	<b>45</b>	

<sup>1</sup>PET: Tereftalato de polietileno (*Poliethylene terephthalate*).

- Halte à l'Obsolescence Programmée (HOP), «**Imprimantes: cas d'école d'obsolescence programmée. Rapport d'enquête sur les enjeux et solutions en matière d'imprimantes et cartouches**»<sup>16</sup>: Informe de investigación para identificar los problemas de obsolescencia programada en el sector de las impresoras y los cartuchos de tinta y hacer un balance de la duración de su vida útil. Está basado en información directamente proporcionada por reparadores, vendedores, abogados, fabricantes y remanufacturadores, consumidores, así como de pruebas empíricas del desmontaje de impresoras. Aunque no figura ningún BOM como tal, sí es un documento de gran ayuda para identificar los componentes y subcomponentes internos de las impresoras, así como otra información relativa a los mismos.
- **Declaraciones Ambientales de Producto (EDP) EcoLeaf del Programa EPD japonés de SuMPO**<sup>83</sup>: Este programa permite visualizar cuantitativamente la información ambiental de los productos a lo largo de sus etapas del Ciclo de Vida, desde la extracción de recursos, fabricación, ensamblaje, distribución, uso, desecho y/o reciclaje. La declaración EcoLeaf es un tipo de declaración ambiental tipo III (EDP) que incluye, como mínimo, cuatro categorías de impacto (Cambio climático, acidificación, eutrofización, consumo de recursos, etc.) para evaluar el ciclo de vida de un producto y conforme a los estándares internacionales de la ISO 14025. Se proporciona en la siguiente tabla algunos BOM de modelos analizados a modo de ejemplo (Tabla 14.).

**Tabla 14. EDP de varios modelos de impresora.**  
Fuente: SuMPO.

Composición material	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Acero	1,5	17,70	1,6	20,53	1,6	20,50
Acero inoxidable	0,048	0,57	0,041	0,53	0,041	0,53
Aluminio	0,002	0,02	0,0019	0,02	0,0019	0,02
Otros metales	0,0023	0,03	0,0022	0,03	0,0022	0,03

<sup>83</sup> <https://ecoleaf-label.jp/english/>

Composición material	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	kg	%	kg	%	kg	%
Plástico	5,2	61,38	4,4	56,45	4,4	56,37
Goma	0,12	1,42	0,2	2,57	0,2	2,56
Vidrio	0,63	7,44	0,62	7,95	0,62	7,94
Embalaje (cartón)	1,2	14,16	0,92	11,80	0,92	11,79
Placas de circuitería	0,28	3,30	0,3	3,85	0,29	3,72
Otros	0,69	8,14	0,63	8,08	0,65	8,33
<b>TOTAL (sin embalaje)</b>	<b>8,4723</b>	<b>100</b>	<b>7,7951</b>	<b>100</b>	<b>7,8051</b>	<b>100</b>

- M. Krystofik, C. Babbitt & G. Gaustad (2014), «**When consumer behavior dictates life cycle performance beyond the use phase: Case study of inkjet cartridge end-of-life management**»<sup>84</sup>: El propósito de este estudio es comparar primero los impactos ambientales de las alternativas de cartuchos de inyección de tinta remanufacturados frente a la producción de cartuchos nuevos, para, posteriormente, determinar la medida en que el comportamiento del consumidor puede influir en los resultados del Ciclo de Vida. Para ello, se desarrolló un inventario del Ciclo de Vida para un cartucho de inyección de tinta con un cabezal de impresión integral que utiliza datos de composición de materiales recopilados de su desmontaje, el procesamiento de materiales, la fabricación del producto y las entradas de transporte estimadas a partir de datos de mercado y la base de datos Ecoinvent en SimaPro 7.3.

#### 5.1.1.2. Resultado del *Bill of Materials* (BOM) del caso Base

A partir de las fuentes de información anteriores y de otras fuentes bibliográficas consultadas, se ha definido el siguiente BOM para la impresora del caso Base (**Tabla 15**), en el que ya se han aplicado las simplificaciones pertinentes en cuando a materiales y componentes que no se consideraron relevantes o que no tenían un peso mínimo sobre el total de la impresora.

Como se ha indicado previamente, los datos expuestos son ficticios, en parte debido a la dificultad de obtener información objetiva sobre impresoras domésticas, pues no ha sido posible obtenerla directamente de fuentes oficiales (fabricantes, laboratorios, agentes del sector o plantas de tratamiento de residuos). Todos los valores empleados, tienen un origen teórico y han sido extraídos de fuentes bibliográficas o aportados por el IHOBE, fruto de la colaboración en el estudio realizado paralela-

<sup>84</sup> Krystofik, Mark, Babbitt, Callie & Gaustad, Gabrielle. (2014). *When consumer behavior dictates life cycle performance beyond the use phase: Case study of inkjet cartridge end-of-life management*. The International Journal of Life Cycle Assessment. 19. 1129-1145. 10.1007/s11367-014-0713-6. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/271918440\\_When\\_consumer\\_behavior\\_dictates\\_life\\_cycle\\_performance\\_beyond\\_the\\_use\\_phase\\_Case\\_study\\_of\\_inkjet\\_cartridge\\_end-of-life\\_management](https://www.researchgate.net/publication/271918440_When_consumer_behavior_dictates_life_cycle_performance_beyond_the_use_phase_Case_study_of_inkjet_cartridge_end-of-life_management)

mente sobre obsolescencia de lavadoras<sup>85</sup>. Cualquier posible similitud o coincidencia encontrada entre los datos de las impresoras ficticias aquí presentados en cuanto a estructura, características, componentes, materiales, pesos o distribuciones porcentuales, se basa exclusivamente en la obviedad de que pertenecen a la misma familia de productos estándar puestos en mercado.

**Tabla 15. BOM de la impresora del caso Base.**  
**Fuente: elaboración propia.**

COMPONENTE	Porcentaje (%)	Masa (g)	MATERIAL	Porcentaje (%)	Masa (g)
Motores (DC/PaP)*	4,75	382,38	Hierro	2,50	201,25
			Aluminio	1,00	80,50
			Cobre	1,25	100,63
Carcasa estructural	46,5	3.743,25	HIPS	46,50	3.743,25
Componentes mecánicos y auxiliares	32,25	2.596,13	Acero	13,50	1.086,75
			ABS	17,00	1.368,50
			Goma	1,75	140,88
Componentes electrónicos (incluye cables)	7,00	563,50	Circuito impreso	4,00	322,00
			Electrónica	1,00	80,50
			Cables	2,00	161,00
Escáner	9,5	764,75	Vidrio	9,50	764,75
<b>TOTAL (IMPRESORA)</b>	<b>100</b>	<b>8.050,00</b>		<b>100</b>	<b>8.050,00</b>
Embalaje	100	1.000,00	Cartón	100	1.000,00
<b>TOTAL (IMPRESORA + EMBALAJE)</b>	<b>100</b>	<b>9.050,00</b>		<b>100</b>	<b>9.050,00</b>
Cartuchos (x4)	70,18	80,00	PET	70,18	80,00
Tinta líquida (x4)	29,82	34,00	Tinta líquida	29,82	34,00
<b>TOTAL (CARTUCHOS)</b>	<b>100</b>	<b>114,00</b>		<b>100</b>	<b>114,00</b>
<b>TOTAL (IMPRESORA+EMBALAJE+CARTUCHOS)</b>	<b>100</b>	<b>9.164,00</b>		<b>100</b>	<b>9.164,00</b>
*DC: Motores de corriente directa o continua // PaP: Motores de rotación con desplazamientos «Paso a Paso». Nota: En este BOM ya se han omitido algunos componentes y materiales que se han considerado poco relevantes.					

Las diferencias en los pesos y/o materiales del BOM del caso Base respecto a los de otras impresoras presentados en el apartado anterior se deben al propio desarrollo y evolución de la tecnología, procesos de fabricación, materiales, etc., además de a la incorporación de nuevas funcionalidades (escáner, duplexado, etc.) que implican variaciones en los materiales constituyentes y la inclusión de otros nuevos.

<sup>85</sup> IHOBE (2022). *Estudio de obsolescencia de lavadora doméstica*. Disponible en: anexo I del *Informe de obsolescencia de productos. Parte II - Informe de obsolescencia de una lavadora*.

## 5.1.2. Definición del Inventario del Ciclo de Vida (ICV) del caso Base

### 5.1.2.1. Aspectos previos del Inventario del Ciclo de Vida del caso Base

Al tratarse de un estudio comparativo, el Inventario del Ciclo de Vida (ICV) se centra, fundamentalmente, en aquellos elementos cuyos impactos pongan de manifiesto las diferencias existentes entre la impresora del caso Base y la del caso Mejorado, como son el alargamiento vida útil del producto (en relación a cambios en los materiales), el cambio de tipología de los consumibles empleados y las diferencias en los escenarios de fin de vida planteados. De este modo, se asume que el resto de elementos o variables no cambian entre los dos casos, por lo que se omite de la evaluación lo siguiente (véase [apartado 3](#)):

- La extracción de todos los materiales requeridos para la fabricación de elementos o componentes distintos a la impresora y los cartuchos.
- Los consumos requeridos para el montaje/ensamblaje de la impresora, así como las emisiones o residuos generados en la fase de fabricación.
- El consumo energético y de consumibles durante la fase de uso (salvo los cartuchos de tinta).
- Cualquier transporte distinto al del de la impresora al centro de venta, salvo aquellos que ya estén incluidos como datos secundarios de Ecoinvent en las distintas fases. Tampoco se incluyen los transportes asociados a cualquier hecho tangente a la reparación.

#### Aspectos de la fase de Fabricación

Durante la fase de fabricación se tienen en cuenta los pesos de los materiales necesarios para la fabricación de los componentes de la impresora y de los cartuchos de tinta que, al igual que los procesos genéricos por material, serán incluidos siempre que sea posible. Además, se considera que el transporte de las materias primas y de los componentes hasta la planta de fabricación de la impresora es está incluida como datos secundarios en la base de datos Ecoinvent.

#### Aspectos de la fase de Distribución al centro de venta

En cuanto al transporte del producto desde la planta de fabricación hasta el punto de venta, se consideran unas distancias medias en Km para cada tipo de transporte, tomándose los valores de la Metodología MEErP de la Comisión Europea<sup>86</sup> empleada en los estudios preparatorios de productos relacionados con la energía. Además, se indican los valores en toneladas-kilometro (tkm) para el caso Base, que se obtienen de

<sup>86</sup> MEErP (2011). *Methodology for ecodesign of energy-related products*. Disponible en: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b7650397-32f1-436c-82c4-df39aef297a3>

forma directa resultado de la multiplicación de la distancia por el porcentaje estimado de la impresora que viaja por cada medio de transporte y por el peso de la misma en toneladas (0,009160 t, embalaje y cartuchos incluidos) (véase [apartado 5.1.1.2](#)) (**Tabla 16**).

**Tabla 16.** Distancias del transporte consideradas para el producto caso Base.  
*Fuente: elaboración propia a partir de metodología MEErP.*

Producto considerado	Tipo de transporte	Distribución por transporte	Distancia (Km)	tkm	Destino
Materias primas y Componentes	Tren	50 %	1.000	4,58	Fábrica o planta de manufactura
	Barco	45 %	12.000	54,98	
	Avión	5 %	10.000	45,82	
Impresora ensamblada	Camión grande	100 %	500	2,29	Centro de distribución
	Camión mediano	100 %	200	0,91	Centro minorista

### Aspectos de la fase de Uso

Se considera exclusivamente el consumo de los cartuchos de tinta, puesto que las mejoras posteriores implican un cambio en la tipología de este consumible, manteniendo invariable, como se ha dicho, el consumo energético y de otros consumibles (papel) en la fase de uso en ambos casos (excluidos).

### Aspectos de la fase de Fin de Vida

Ante la ausencia de información, la fase de Fin de Vida se ha considerado de forma integral para el producto y no por tipologías de materiales constituyentes. Para ello se han tomado las cantidades (expresadas como porcentaje) recogidas sobre el total de RAEE categoría 6 (al que pertenecen las impresoras domésticas) en España que proporciona Eurostat (año 2019<sup>87</sup>) (**Tabla 17**), asumiendo que se mantiene y se hace extensible dicha distribución porcentual al evaluar un dispositivo de esta categoría individualmente, como ocurre en el caso Base del presente estudio.

**Tabla 17.** Escenarios de fin de vida para el producto caso Base.  
*Fuente: Eurostat*

Escenario de fin de vida	% sobre el total recogido
Reutilización	0,9 %
Reciclado	73,5 %
Recuperación energética	4,0 %
Vertedero	21,6 %

<sup>87</sup> <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/bookmark/59f8212b-6daa-43d8-8678-cf8c481e695e?lang=en&page=time:2019>

### 5.1.2.2. Inventario del Ciclo de Vida (ICV) del caso Base

SimaPro<sup>88</sup> es el software de ACV más empleado a nivel industrial y académico que permite realizar el cálculo de los impactos ambientales, sociales y económicos asociados a un producto, servicio u organización a lo largo de todo su Ciclo de Vida mediante el uso de bases de datos de inventarios propias (que puede crear el usuario) y bibliográficas. Estas son conocidas en el programa como «bibliotecas» y se utilizan para elaborar los ICV, siendo fundamentales como fuentes de datos secundarios.

El análisis del ICV incluye la recopilación de datos y la realización, si procede, de los cálculos adecuados para cuantificar las entradas y salidas de los escenarios definidos en el alcance del estudio. De forma simplificada, las entradas se corresponden a las materias primas y las salidas a las emisiones de cualquier tipo al medio. Posteriormente, los métodos de evaluación de impacto ambiental del programa toman los datos del ICV (datasets) para calcular los impactos ambientales del elemento de estudio (véase [apartado 5.1.3](#)).

De hecho, y aparte de las consideraciones previas mencionadas, para la realización del Inventario del presente estudio se han tenido en cuenta los datos secundarios de la base de datos *Ecoinvent*<sup>89</sup>, integrada por defecto en el software SimaPro. Ecoinvent es una base de datos desarrollada por el Centro Ecoinvent (Suiza), con más de 4.000 referencias y más de 10.000 procesos entre todos los sectores que recopila, que se ha convertido en referencia en Europa por su transparencia e independencia.

Concretamente, la biblioteca utilizada para el análisis de inventario ha sido *Ecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification – unit*. No obstante, y debido a la limitación de utilizar una única base de datos, en algunos casos no se ha podido encontrar el material simulado exacto, por lo que se ha buscado en otras bibliotecas para realizar de forma más completa el inventario para la impresora del caso Base. Por otro lado, cuando ha sido posible, también se han considerado datos europeos (RER) para incluir el transporte medio.

Una particularidad relacionada con el escenario de fin de vida, es que el modelo *Cut-off* considera que los materiales resultantes del proceso de recuperación de residuos (y que se pueden emplear en otros procesos) tienen un impacto nulo; y que el proceso de recuperación debe incluir dichos impactos. Por ello, a diferencia de otros métodos, como el de sustitución, no se le asigna un valor negativo al residuo recuperado (carga evitada).

---

<sup>88</sup> <https://simapro.com/>

<sup>89</sup> <https://ecoinvent.org/>

Según la definición del propio software de Simapro, «el sistema de asignación «Cut-off» se basa en que la producción primaria de los materiales siempre se asigna al usuario principal de un material, si se recicla un material el productor primario no recibe ningún «crédito» por el suministro de materiales reciclables. Como consecuencia, los materiales reciclables se encuentran sin ninguna carga para los procesos de reciclaje, lo que significa que los materiales secundarios (reciclados) solo soportan los impactos de los procesos de reciclaje. Este sistema no otorga ningún «crédito» a los productores de residuos por el reciclaje.»

Los materiales y procesos considerados para simular cada material del BOM y sus procesos a lo largo del Ciclo de Vida del producto se indican en el inventario (**Tabla 18**). Cuando se ha partido de materiales genéricos se ha intentado simular también su proceso de transformación.

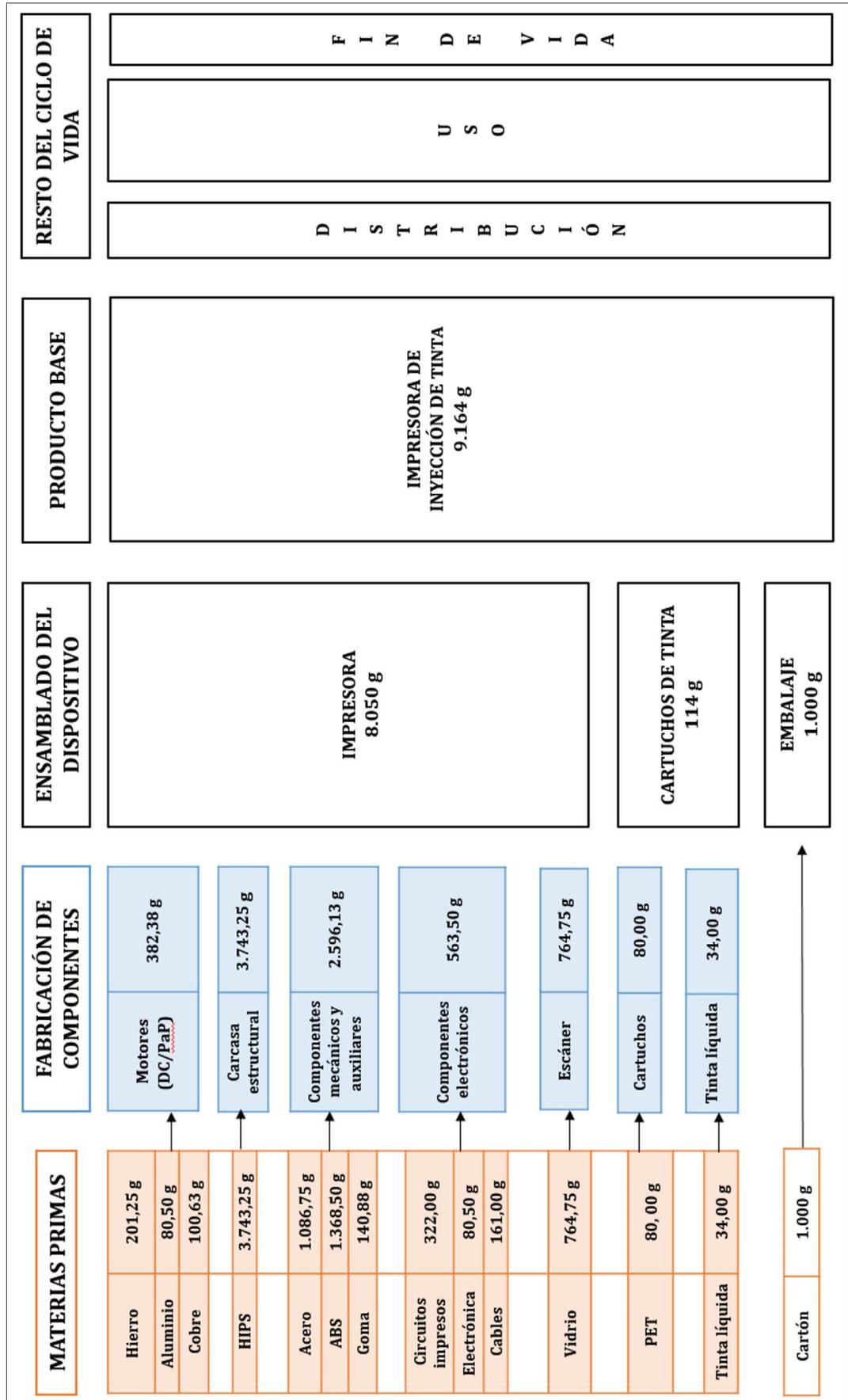
**Tabla 18.** Lista de materiales y procesos considerados para elaborar el inventario de la impresora del caso Base.

**Fuente:** elaboración propia con datos de SimaPro.

Código en la base de datos	Unidades	Material simulado
<b>Materiales</b>		
Steel, low-alloyed {GLO}  market for   Cut-off, U	g	Acero galvanizado
Cast iron {GLO}  market for   Cut-off, U	g	Hierro
Aluminium, cast alloy {GLO}  market for   Cut-off, U	g	Aluminio
Acrylonitrile-butadiene-styrene granulate (ABS), production mix, at plant RER	g	ABS
Synthetic rubber {RER}  production   Cut-off, U	g	Goma
Flat glass, coated {RER}  market for flat glass, coated   Cut-off, U	g	Vidrio
Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO}  market for   Cut-off, U	g	Circuitos impresos
Cable, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U	g	Cables
Electronics, for control units {RER}  production   Cut-off, U	g	Componentes electrónicos
Copper {GLO}  market for   Cut-off, U	g	Cobre
Corrugated board box {RER}  production   Cut-off, U	g	Cartón
Polyethylene, high density, granulate {GLO}  market for   Cut-off, U	g	HIPS
Flat glass, coated {RER}  market for flat glass, coated   Cut-off, U	g	Vidrio
Printing ink, offset, without solvent, in 47.5 % solution state {RER}  market for printing ink, offset, without	g	Tinta
Polyethylene, high density, granulate {GLO}  market for   Cut-off, U	g	PET
<b>Procesos</b>		
Metal working, average for metal product manufacturing {GLO}  market for  Cut-off, U	g	Procesado de metales

Código en la base de datos	Unidades	Material simulado
<i>Injection moulding {RER}  processing   Cut-off, U</i>	<i>g</i>	Procesado de plásticos
<i>Tempering, flat glass {GLO}  market for   Cut-off, U</i>	<i>g</i>	Procesado de vidrio
<i>Metal working, average for aluminium product manufacturing {RER} processing   Cut-off, U</i>	<i>g</i>	Procesado de aluminio
<b>Transporte</b>		
<i>Transport, freight train {RER}  market group for transport, freight train   Cut-off, U</i>	<i>tkm</i>	Tren
<i>Transport, freight, sea, container ship {GLO}  market for transport, freight, sea, container ship   Cut-off, U</i>	<i>tkm</i>	Barco
<i>Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, euro5 {RER}  market for transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO5   Cut-off, U</i>	<i>tkm</i>	Camión mediano
<i>Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5   Cut-off, U</i>	<i>tkm</i>	Camión grande
<i>Transport, freight, aircraft, medium haul {GLO}  market for transport, freight, aircraft, medium haul   Cut-off, U</i>	<i>tkm</i>	Avión
<b>Fin de vida</b>		
<i>Steel and iron (waste treatment) {GLO}  recycling of steel and iron   Cut-off, U</i>	<i>%</i>	Reciclado acero y hierro
<i>Aluminium (waste treatment) {GLO}  recycling of aluminium   Cut-off, U</i>	<i>%</i>	Reciclado de aluminio
<i>Scrap copper {RoW}  market for scrap copper   Cut-off, U</i>	<i>%</i>	Reciclado de cobre
<i>Mixed plastics (waste treatment) {GLO}  recycling of mixed plastics   Cut-off, U</i>	<i>%</i>	Reciclado de otros plásticos
<i>Residue from mechanical treatment, IT accessory {RoW}  treatment of residue from mechanical treatment, IT accessory, municipal waste incineration   Cut-off, U</i>	<i>%</i>	Recuperación energética
<i>Used industrial electronic device {RoW}  market for used industrial electronic device, WEEE collection   Cut-off, U</i>	<i>%</i>	Reutilización
<i>Inert waste {Europe without Switzerland}  treatment of inert waste, sanitary landfill   Cut-off, U</i>	<i>%</i>	Vertedero

5.1.2.3. Diagrama de proceso del caso Base



### 5.1.3. Evaluación de impactos ambientales del caso Base

La evaluación de impactos se ha realizado utilizando la metodología *ReCiPe 2016 Midpoint (H)*, v1.04, incluido en la herramienta SimaPro, que sería el método por defecto de ReCiPe. La perspectiva jerárquica (H) se basa en el consenso científico con respecto al marco temporal y la plausibilidad de los mecanismos de impacto.

La evaluación de los impactos se va a realizar para:

- 1) Los distintos componentes de la impresora del caso Base, lo que comprendería sus fases de extracción, procesamiento y fabricación, y que son los especificados en el BOM ([apartado 5.1.1.2](#)), con el fin de identificar el componente más problemático de la misma desde un punto de vista ambiental. Estos son: el escáner, los motores (DC/PaP), la carcasa estructural, los componentes electrónicos (que incluye los cables de corriente) y los componentes mecánicos y auxiliares.
- 2) Las fases consideradas del Ciclo de Vida de la impresora del caso Base (véase [apartado 3](#)). Estos son: el conjunto de la impresora ensamblada (ya sin desglosar por componentes), su embalaje, el transporte considerado, los escenarios de fin de vida y la fabricación de los cartuchos de tinta necesarios durante la vida útil de la impresora. Se debe recordar que los cartuchos de tinta serán el único consumo evaluado de la fase de uso de la impresora, quedando excluida la energía, el papel o aquello relacionado con su mantenimiento o reparación.

#### 5.1.3.1. Impacto de los componentes de la impresora del caso Base

Como se ha dicho, en primer lugar se presentan los resultados obtenidos para las diferentes categorías de impacto de los componentes de la impresora, especificados en el BOM, que se indican en las siguientes tablas (**Tabla 19** y **Tabla 20**).

**Tabla 19.** Resultados por categoría de impacto para los componentes de la impresora del caso Base durante su Ciclo de Vida (valores absolutos).

**Fuente:** elaboración propia mediante el software SimaPro.

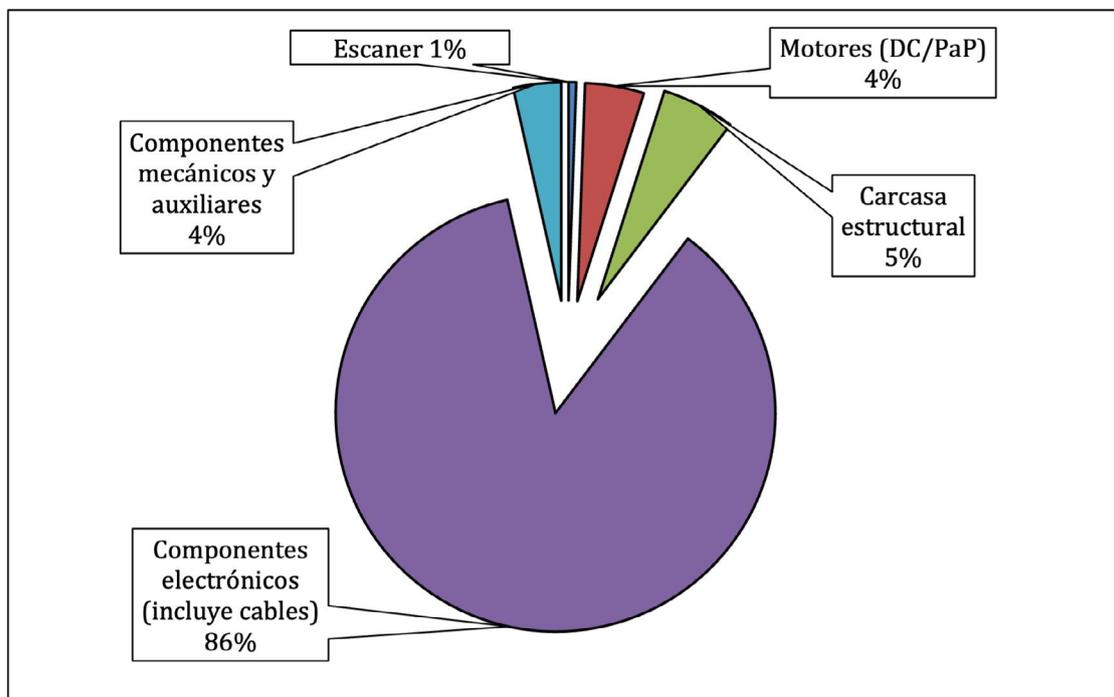
Categoría de impacto	Unidades	TOTAL	Escáner	Motores (DC/PaP)	Carcasa estructural	Componentes electrónicos (incluye cables)	Componentes mecánicos y auxiliares
Cambio climático	kg CO <sub>2</sub> eq	150,16	0,98	2,10	12,61	126,82	7,66
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,0000894	0,0000002	0,0000021	0,0000038	0,0000825	0,0000008
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	1,29	0,005	0,01	0,11	1,15	0,01
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	0,46	0,004	0,01	0,03	0,41	0,01
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	0,39	0,002	0,02	0,01	0,34	0,009
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	0,47	0,004	0,01	0,03	0,41	0,02
Acidificación terrestre	kg SO <sub>2</sub> eq	0,82	0,007	0,05	0,04	0,70	0,02
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,030	0,00002	0,001	0,0004	0,029	0,0004
Eutrofización marina	kg N eq	0,004	0,00001	0,0002	0,0001	0,003	0,0002
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	2.202,88	3,41	346,00	22,62	1.811,54	19,31
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	1,23	0,0005	0,02	0,007	1,20	0,007
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	6,42	0,003	0,17	0,02	6,20	0,02
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	2,60	0,004	0,28	0,09	1,85	0,37
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	159,20	0,16	19,17	1,89	136,95	1,04
Uso del suelo	m <sup>2</sup> a crop eq	4,59	0,03	0,08	0,37	4,05	0,05
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	5,56	0,005	0,17	0,03	5,25	0,11
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	43,34	0,25	0,49	7,58	31,75	3,26
Consumo de agua	m <sup>3</sup>	1,56	0,006	0,022	0,15	1,21	0,18

**Tabla 20.** Resultados por categoría de impacto de la impresora de la impresora del caso Base durante su ciclo de vida (valores porcentuales).

**Fuente:** elaboración propia mediante el software SimaPro.

Categoría de impacto	TOTAL	Escáner	Motores (DC/PaP)	Carcasa estructural	Componentes electrónicos (incluye cables)	Componentes mecánicos y auxiliares
Cambio climático	100 %	0,65 %	1,40 %	8,40 %	84,46 %	5,10 %
Agotamiento ozono estratosférico	100 %	0,26 %	2,37 %	4,24 %	92,25 %	0,88 %
Radiación ionizante	100 %	0,40 %	0,87 %	8,54 %	89,18 %	1,02 %
Formación ozono. Salud Humana	100 %	0,86 %	2,32 %	5,61 %	88,08 %	3,13 %
Formación partículas finas	100 %	0,58 %	4,86 %	3,74 %	88,48 %	2,34 %
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	100 %	0,85 %	2,32 %	5,85 %	87,68 %	3,29 %
Acidificación terrestre	100 %	0,81 %	6,20 %	4,47 %	85,93 %	2,60 %
Eutrofización de agua dulce	100 %	0,07 %	1,86 %	1,48 %	95,22 %	1,38 %
Eutrofización marina	100 %	0,14 %	4,44 %	1,33 %	88,00 %	6,09 %
Ecotoxicidad terrestre	100 %	0,15 %	15,71 %	1,03 %	82,24 %	0,88 %
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	100 %	0,04 %	1,41 %	0,57 %	97,44 %	0,55 %
Ecotoxicidad marina	100 %	0,05 %	2,72 %	0,37 %	96,57 %	0,29 %
Toxicidad humana carcinogénicos	100 %	0,16 %	10,91 %	3,40 %	71,38 %	14,15 %
Toxicidad humana no carcinogénicos	100 %	0,10 %	12,04 %	1,18 %	86,02 %	0,65 %
Uso del suelo	100 %	0,63 %	1,80 %	8,09 %	88,35 %	1,14 %
Escasez de recursos minerales	100 %	0,08 %	3,05 %	0,58 %	94,34 %	1,95 %
Escasez de recursos fósiles	100 %	0,59 %	1,14 %	17,49 %	73,26 %	7,53 %
Consumo de agua	100 %	0,37 %	1,41 %	9,72 %	77,18 %	11,32 %

Considerando el método de *ReCiPe end-point (H)*, que pondera los diferentes impactos en un indicador único, se pueden evaluar los resultados anteriores de forma más visual (**Figura 31**):



**Figura 31.** Distribución del impacto en indicador único por componentes de la impresora del caso Base durante su Ciclo de Vida.

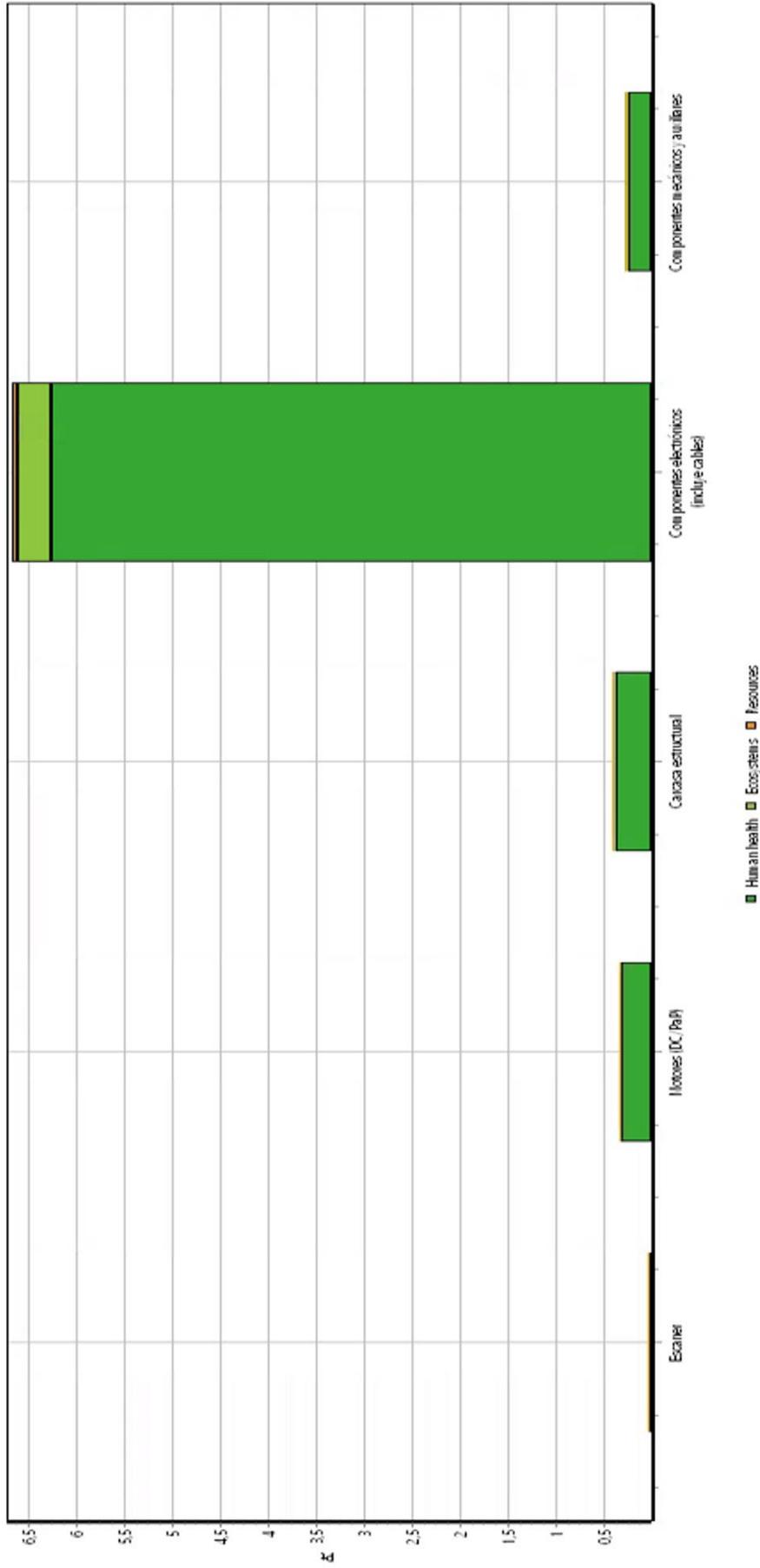
**Fuente:** elaboración propia mediante el software SimaPro.

Como se puede apreciar, de entre los componentes que constituyen la impresora del caso Base, los componentes electrónicos son el elemento que contribuye más significativamente a la mayoría de los impactos (86 %), seguido, de lejos, por la carcasa estructural, los motores y otros componentes mecánicos y auxiliares ( $\leq 5$  %), por este orden. El escáner es el componente de menor impacto en las diferentes categorías (1 %).

Para una mejor visualización, se muestra el desglose de impactos de cada componente analizado (**Figura 32**).

#### 5.1.3.2. Impacto de las fases del Ciclo de Vida de la impresora del caso Base

En segundo lugar, y como se ha dicho, se presentan los resultados sobre las diferentes categorías de impacto considerando todas las fases del Ciclo de Vida (véase [apartado 3](#)): el conjunto de la impresora ensamblada (sin desglosar por componentes), su embalaje, el transporte, los escenarios de fin de vida y la fabricación de los cartuchos de tinta necesarios durante la vida útil de la impresora. El resultado se expresa de forma numérica (**Tabla 21** y **Tabla 22**) y visual (**Figura 33**).



relicando I p CB, encan libado; Método: ReC, 2016 Endpoint (H, V1.04 / World (2010) HA / Puntuación única / Excluyendo emisiones fugaces

**Figura 32.** Resultados de la ponderación en indicador único de los diferentes impactos asociados a cada componente de la impresora del caso Base (valores porcentuales).

**Fuente:** elaboración propia mediante el software SimaPro.

**Tabla 21.** Resultados por categoría de impacto de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Base (valores absolutos).

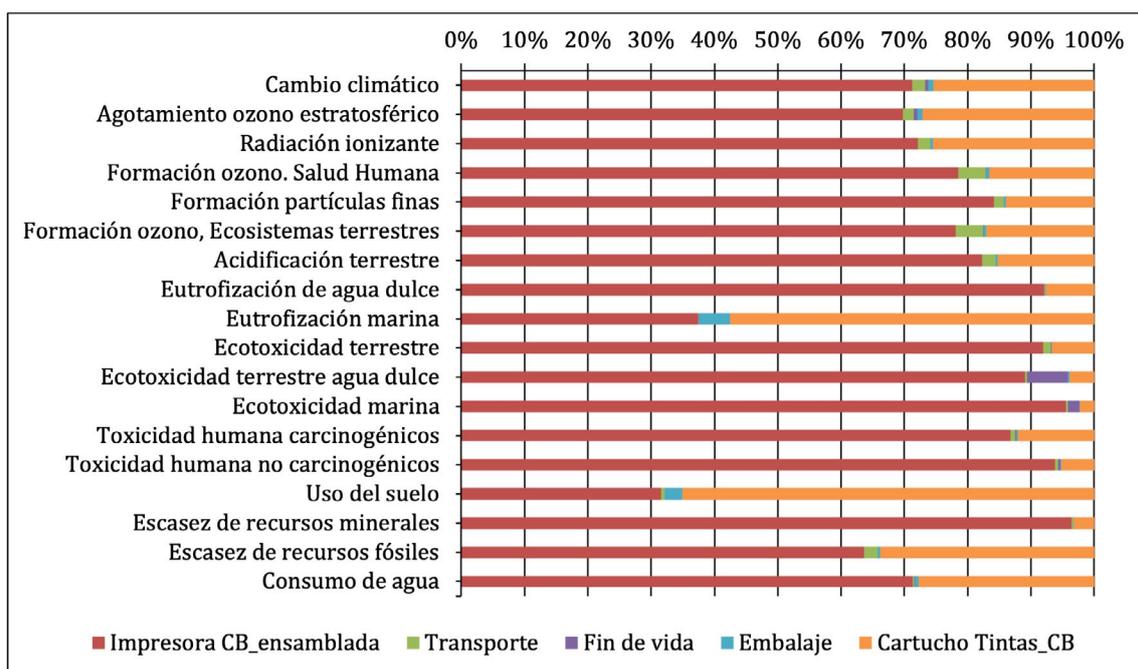
**Fuente:** elaboración propia mediante software SimaPro.

Categoría de impacto	Unidad	TOTAL	Impresora ensamblada	Transporte	Fin de vida	Embalaje	Cartuchos de Tinta
Cambio climático	kg CO <sub>2</sub> eq	210,82	150,16	4,41	0,98	1,63	53,64
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,0001	0,00009	0,000002	0,000001	0,000001	0,000003
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	1,78	1,29	0,03	0,0003	0,007	0,45
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	0,59	0,46	0,03	0,0004	0,003	0,10
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	0,46	0,39	0,01	0,0001	0,001	0,06
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	0,60	0,47	0,03	0,0004	0,003	0,10
Acidificación terrestre	kg SO <sub>2</sub> eq	0,99	0,82	0,02	0,0002	0,003	0,15
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,03	0,03	0,00003	0,000001	0,0001	0,003
Eutrofización marina	kg N eq	0,01	0,004	0,00001	0,000004	0,0005	0,006
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	2396,39	2202,88	29,99	0,35	3,27	159,91
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	1,39	1,23	0,01	0,09	0,003	0,05
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	6,72	6,42	0,02	0,12	0,005	0,15
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	2,99	2,60	0,02	0,004	0,007	0,36
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	169,74	159,20	0,91	0,56	0,22	8,85
Uso del suelo	m <sup>2</sup> a crop eq	14,52	4,59	0,08	0,01	0,40	9,45
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	5,77	5,56	0,01	0,0002	0,003	0,19
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	68,10	43,34	1,43	0,01	0,27	23,04
Consumo de agua	m <sup>3</sup>	2,19	1,56	0,01	0,001	0,01	0,61

**Tabla 22.** Resultados por categoría de impacto de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Base (valores porcentuales).

Fuente: elaboración propia mediante software SimaPro.

Categoría de impacto	TOTAL	Impresora Ensamblada	Transporte	Fin de vida	Embalaje	Cartuchos de Tinta
Cambio climático	100%	71,23%	2,09%	0,47%	0,77%	25,45%
Agotamiento ozono estratosférico	100%	69,80%	1,70%	0,54%	0,82%	27,15%
Radiación ionizante	100%	72,17%	1,93%	0,02%	0,41%	25,47%
Formación ozono. Salud Humana	100%	78,49%	4,39%	0,08%	0,45%	16,59%
Formación partículas finas	100%	84,13%	1,59%	0,02%	0,27%	13,99%
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	100%	78,09%	4,34%	0,07%	0,45%	17,04%
Acidificación terrestre	100%	82,30%	2,08%	0,02%	0,31%	15,28%
Eutrofización de agua dulce	100%	92,05%	0,10%	0,00%	0,21%	7,65%
Eutrofización marina	100%	37,42%	0,07%	0,04%	4,95%	57,53%
Ecotoxicidad terrestre	100%	91,92%	1,25%	0,01%	0,14%	6,67%
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	100%	89,04%	0,36%	6,47%	0,22%	3,90%
Ecotoxicidad marina	100%	95,50%	0,36%	1,81%	0,07%	2,27%
Toxicidad humana carcinogénicos	100%	86,77%	0,73%	0,15%	0,25%	12,10%
Toxicidad humana no carcinogénicos	100%	93,79%	0,54%	0,33%	0,13%	5,21%
Uso del suelo	100%	31,58%	0,54%	0,04%	2,73%	65,11%
Escasez de recursos minerales	100%	96,45%	0,21%	0,00%	0,04%	3,29%
Escasez de recursos fósiles	100%	63,64%	2,10%	0,02%	0,40%	33,83%
Consumo de agua	100%	71,28%	0,27%	0,05%	0,60%	27,80%



**Figura 33.** Representación gráfica de los resultados por categorías de impacto de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Base (valores porcentuales).

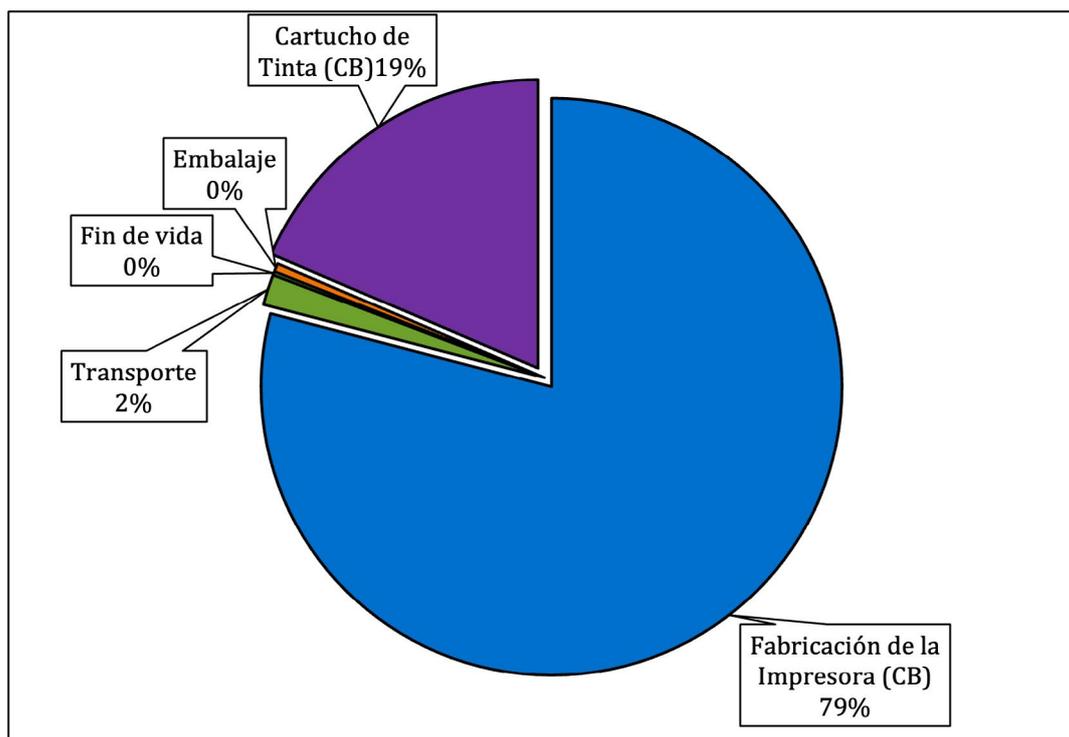
**Fuente:** elaboración propia mediante software SimaPro.

Como se puede apreciar en la figura, los valores obtenidos en casi todas las categorías de impacto (transporte, el embalaje y fin de vida) son muy inferiores a los obtenidos por propia impresora ensamblada. Destacan, especialmente, los altos valores que esta genera sobre las categorías de impacto «escasez de recursos minerales» (96,4 %) y «toxicidad humana», tanto en la categoría no carcinogénicos como carcinogénicos (93,79 % y 86,77 %, respectivamente). Finalmente destaca la categoría de impacto «ecotoxicidad marina» que alcanza el 95,5% también en el caso de la propia impresora ensamblada.

También es importante resaltar que el impacto de los cartuchos de tinta supera al de la impresora ensamblada en las categorías de «usos del suelo» y «eutrofización marina», cuyos valores son 65,11 % y 57,53 %, respectivamente.

En cuanto a la etapa de Fin de Vida, debido al método de sistema seleccionado (*Cut-off*), la gestión de los residuos generados tiene un impacto positivo, que se asigna al proceso de reciclado, en el que los materiales recuperados tienen un valor de impacto nulo, no negativo.

De la misma forma que se ha hecho antes, el método de SimaPro *ReCiPe end-point (H)* permite ponderar los diferentes impactos a un indicador único para cada fase de Ciclo de Vida (**Figura 34**), lo que facilita la comprensión y presentación de los resultados de forma visual (valores en porcentaje):



**Figura 34.** Distribución del impacto total de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Base (CB).  
**Fuente:** elaboración propia a partir de resultados del software SimaPro.

## 5.2. Análisis de Costes del Ciclo de Vida (ACCV) del caso Base

Se ha realizado un análisis para evaluar algunos de los costes del Ciclo de Vida del caso Base en las fases de las que más información económica se disponía, es decir, las fases de Uso y de Fin de Vida (**Tabla 23**). La información utilizada proviene de distintas fuentes bibliográficas, no pudiendo ser corroborada con datos reales.

Para llevar a cabo el análisis de costes se considera oportuno explicar brevemente algunos de los parámetros utilizados de forma previa:

- **Fase Ciclo de Vida:** Identificación del momento o fase del Ciclo de Vida del producto en el que se localizan los costes analizados.
- **Tipo de coste:** identificación concreta del concepto de los costes analizados.
- **Año de coste:** Año en el que se produce el coste analizado.
- **Ciclos de vida:** Define la cantidad de ciclos de vida necesarios del coste analizado del caso Base para cubrir la diferencia con el caso Mejorado y asegurar la coherencia a la hora de realizar la comparativa posterior.
- **Tasa de descuento:** Tipo de interés para calcular el valor actual de los flujos de fondos que se obtendrán en el futuro. El valor (2 %) se ha estimado bibliográficamente a partir de la tasa de descuento de EEUU para el año 2022. Esta tasa tiene descontada la inflación.

- **Tasa de escalamiento:** Porcentaje al que se produce o se espera que se produzca una variación anual en los niveles de precios de los bienes y servicios. La tasa considera la situación actual del mercado de materias primas y tiene descontada la inflación.

Igualmente, es interesante exponer los supuestos de partida que se han establecido, así como la justificación de algunos de los valores aportados:

- Fase de Uso:
  - Se establece un precio de venta en mercado estándar para la impresora del caso Base de 100 € y de 10 € por cartucho (de duración estándar).
  - Para definir los *Años de Coste* y *Ciclos de Vida* del precio de venta en mercado de la impresora del caso Base se ha establecido que el dispositivo se adquiere (compra) en el año 0 (*Año de coste: 0; Ciclos de vida: 1*), y, en el año 5, una vez alcanza el fin de su vida útil (5 años), es necesario adquirir el equivalente a la diferencia restante (2 años) del mismo dispositivo para cubrir el total de la vida útil del caso Mejorado (7 años), es decir 0,4 dispositivos del caso Base. (*Año de coste: 5; Ciclos de vida: 0,4*) (véase [apartado 4](#)).
  - Para definir los *Años de Coste* y *Ciclos de Vida* del precio de venta en mercado de los cartuchos del caso Base, pese que su consumo es progresivo, se ha optado por cuantificar el coste total de todos ellos (120 cartuchos, 30 por cada color, véase [apartado 4](#)) al final de la vida útil del dispositivo, es decir, en el quinto año (*Año de coste: 5; Ciclos de vida: 1*). De la misma forma, para cubrir la diferencia durante el Ciclo de Vida de la impresora del caso Mejorado (0,4), la cuantificación del coste de los cartuchos necesarios se hace al final del Ciclo de Vida de una hipotética segunda impresora del caso Base (5 años de la primera más otros 5 años de la segunda), es decir, a los 10 años (*Año de coste: 10; Ciclos de vida: 0,4*).
  - Se asume que no hay costes de mantenimiento, al ser el producto una impresora de inyección de tinta destinada a un uso no profesional (doméstico).
  - Se supone una avería en la impresora a los 3 años de uso que implica la sustitución de una pieza, para la que se establece un precio de venta en mercado estándar de 65 €.
  - Se considera 1,5 h de tiempo para el proceso de reparación o cambio de 1 pieza por parte de un técnico especialista y que se produce a los 3 años de haber adquirido el dispositivo (*Año de coste: 3; Ciclos de vida: 1*). De forma análoga a lo expuesto anteriormente, si son necesarias otras 0,4 impresoras para cubrir la diferencia de 2 años respecto al Ciclo de Vida de la impresora del caso Mejorado (7 años), se producirá una segunda reparación y cambio de pieza a los 6 años (*Año de coste: 6; Ciclos de vida: 0,4*). Aunque no se ha supuesto una pieza concreta para realizar el cálculo,

el análisis de las piezas más susceptibles de ser reparadas o cambiadas se realiza en el [apartado 3.4](#) del *Estudio pormenorizado de una impresora doméstica* previo.

- Fase de Fin de Vida:
  - Se considera 0,5 h de tiempo para el proceso de desmontaje de la impresora por parte de un operario de planta de tratamiento y de 0,02 para los cartuchos. Este coste se produce al final del Ciclo de Vida de la primera impresora (*Año de coste: 5; Ciclos de vida: 1*) y de la hipotética segunda impresora para cubrir la diferencia pendiente respecto al Ciclo de Vida de la del caso Mejorado (*Año de coste: 10; Ciclos de vida: 0,4*).
  - Todos los *Años de Coste y Ciclos de Vida* de esta fase de Fin de Vida se pueden razonar de forma análoga a lo expuesto en el anterior guion.
  - Es importante destacar respecto a los costes de la fase de Fin de Vida que la cuantificación de la unidad se ha llevado a cabo a partir del peso material de la impresora y los porcentajes de reutilización, reciclado, eliminación (vertedero) y valorización (recuperación energética) definidos previamente para el escenario de Fin de Vida en el [apartado 5.1.2.1](#).
  - Desde el punto de vista del ACCV, los costes negativos del reciclaje y la reutilización deben entenderse como beneficios económicos, al producirse, en estos escenarios de Fin de Vida, un retorno de material. El valor de estos costes se ha obtenido a partir de fuentes bibliográficas.
  - En el fin de vida solo se consideran los costes de reciclaje del plástico de los cartuchos (como envase recipiente de la tinta), ya que se asume que el 100 % de la tinta contenida se agota durante el uso de la impresora. Es decir, no hay tinta en el residuo del cartucho.
  - Se especifica, a efectos comparativos, el coste del reciclaje de algunos materiales concretos en el Fin de Vida, puesto que sus pesos cambian en el caso Mejorado.

**Tabla 23. Datos de partida considerados para el ACCV de la impresora del caso Base.**  
**Fuente: elaboración propia.**

Fase Ciclo de Vida	Elemento	Tipo de coste	Unidad	Coste unitario	Año de Coste (n)	Ciclos de vida (CV)	Tasa de descuento (e)	Tasa de escalamiento (i)
Uso (inicio con la adquisición del/de los producto/s)	Impresora	Precio de venta en mercado (impresora multifunción)	1 ud.	100 €/ud.	0	1	2%	3%
				5	0,4			
Uso (reparación)	Impresora	Precio de venta en mercado (cartuchos de duración estándar)	120 uds.	10 €/uds.	5	1	2%	3%
				10	0,4			
				10 €/h	3	1	2%	1%
				65 €/ud.	6	0,4		
Fin de Vida	Impresora	Precio de venta en mercado (piezas)	1 ud.	15 €/h	5	1	2%	1%
				10	0,4			
				-0,22 €/kg	5	1	2%	3%
				10	0,4			
				-0,03 €/kg	5	1	2%	3%
				10	0,4			
				-1,10 €/kg	5	1	2%	3%
				10	0,4			
				-0,08 €/kg	5	1	2%	3%
				10	0,4			
Cartuchos (solo carcasa plástica)	Cartuchos (solo carcasa plástica)	Eliminación	1,74 kg	0,05 €/kg	5	1	2%	6%
				10	0,4			
				0,02 €/kg	5	1	2%	6%
				10	0,4			
				15 €/kg	5	1	2%	1%
				10	0,4			
				-0,22 €/kg	5	1	2%	3%
				10	0,4			
				-0,03 €/kg	5	1	2%	3%
				10	0,4			
Cartuchos (solo carcasa plástica)	Cartuchos (solo carcasa plástica)	Valorización	0,0032 kg	0,05 €/kg	5	1	2%	6%
				10	0,4			
				0,02 €/kg	5	1	2%	6%
				10	0,4			

Para realizar las proyecciones del valor a futuro a partir del coste inicial o actual (*Unidad x Coste unitario*) y retornarlo al valor presente (*Valor Actual Neto*) del producto del caso Base (**Tabla 24**), se ha aplicado la siguiente fórmula:

$$VAN = (CI \cdot CV_0) \cdot \left[ \frac{(1 + e)}{(1 + i)} \right]^{n_0} + (CI \cdot CV_f) \cdot \left[ \frac{(1 + e)}{(1 + i)} \right]^{n_f}$$

Donde:

**CI:** Coste inicial o actual del producto o servicio.

**CV<sub>0</sub>:** Ciclo de Vida inicial.

**e:** Tasa de escalamiento.

**i:** Tasa de descuento.

**n<sub>0</sub>:** Año de coste inicial o actual.

**CV<sub>f</sub>:** Ciclo de Vida final.

**n<sub>f</sub>:** Año de coste final.

**Tabla 24.** Resultados del ACCV para la impresora del caso Base.  
*Fuente: elaboración propia.*

Fase Ciclo de Vida	Elemento	Tipo de coste	Coste inicial o actual (€)	Valor Actual Neto (VAN) (€)
Uso (inicio con la adquisición del/de los producto/s)	Impresora	Precio de venta en mercado (impresora multifunción)	100,00	142,00
	Cartuchos	Precio de venta en mercado (cartuchos de duración estándar)	1.200,00	1.789,18
Uso (reparación)	Impresora	Mano de obra (técnico)	15,00	19,97
		Precio de venta en mercado (piezas)	65,00	95,70
Fin de Vida	Impresora	Mano de obra (desmontaje por operario)	7,50	9,86
		Reutilización	-0,02	-0,02
		Reciclaje	-0,06	-0,08
		Reciclado PCB (componentes electrónicos)	-0,35	-0,53
		Reciclado HIPS (carcasa estructural)	-0,30	-0,45
		Eliminación	0,08	0,01
		Valorización	0,01	0,15
		Cartuchos (solo carcasa plástica)	Mano de obra (desmontaje por operario)	30,36
	Reutilización		-0,019	-0,0283
	Reciclaje		-0,2117	-0,3156
	Eliminación		0,0977	0,0163
	Valorización		0,0091	0,1758
	<b>TOTAL</b>			<b>1.417,34</b>

El coste actual del dispositivo del caso Base según los costes y las fases del Ciclo de Vida considerados es de 1.417,34 €, y su valor actual neto (VAN) asciende a 2.095,85 € (+678,51 €). Se debe tener presente que este coste tan elevado se debe a la inclusión de los cartuchos requeridos durante el Ciclo de Vida del producto durante la fase de uso. Es interesante reseñar que se trata de un coste tremendamente importante que muchas veces no es percibido como tal por parte de los consumidores que adquieren una impresora nueva (véase [apartado 3.2.1](#) del *Estudio pormenorizado de una impresora doméstica* previo). Por otro lado, el VAN de los costes en los escenarios de Fin de Vida disminuye debido a la reintroducción de material en el ciclo productivo.

## 6. Análisis de posibles mejoras de diseño

### 6.1. Mejoras en durabilidad

#### 6.1.1. Fallos más frecuentes y componentes implicados que disminuyen la durabilidad

En base a lo expuesto en el [apartado 3.4.1](#) del *Estudio pormenorizado de una impresora doméstica* previo, los fallos más frecuentes en estos dispositivos y que, por tanto, determinan en última instancia la durabilidad real de los mismos, son (WRAP, 2013)<sup>90</sup>:

- Roturas o desajustes en uniones y bisagras de la carcasa estructural, el escáner y la bandeja de papel, causadas por la fatiga del material por su uso frecuente.
- Daños durante los picos de tensión por sobrecalentamiento o cortocircuito en las conexiones eléctricas y demás componentes electrónicos.
- Almohadillas de los cartuchos saturadas con tinta residual.
- Bloqueo en inyectores de tinta incorporados en la impresora, que generan problemas en las impresiones.

Igualmente se pueden presentar fallos derivados de las actualizaciones de software o firmware o por el uso de cartuchos de tinta «clones» de originales (véase [apartado 3.2.1](#)), pero esta problemática no será tenida en cuenta en el presente estudio.

En base a ello, se han propuesto mejoras para la impresora del caso Mejorado relacionadas con la durabilidad de los materiales constituyentes de la carcasa estructural y de los componentes electrónicos, por un lado, y con el cambio de los cartuchos de tinta por otro. Esto se traducirá a priori en un aumento de la vida útil de la impresora, que pasaría de 5 a 7 años en el caso Mejorado (véase [apartado 4](#)), y en un ahorro económico y de consumos durante las fases de fabricación de materiales y de uso.

<sup>90</sup> <https://wrap.org.uk/>

### 6.1.2. Posibles alternativas de diseño para mejorar la durabilidad

Las mejoras de durabilidad sobre los componentes anteriormente mencionados se han simulado mediante cambios de diseño sobre el producto propuesto en el caso Base. Dada la dificultad de establecer una relación directa entre la modificación en el diseño del producto y el aumento de durabilidad del mismo que pueda ser plasmada en el presente estudio (con las limitaciones de alcance e información mencionadas), se han realizado una serie de hipótesis relacionadas con las cantidades de materiales constituyentes, siendo necesarios estudios más exhaustivo adicionales para profundizar en la materia. Las hipótesis utilizadas han sido:

- **Aumento de resistencia de la carcasa estructural, para lo cual se considera un aumento del grosor de la misma y se supone un 15% más de peso del plástico HIPS.** La finalidad de esta mejora es prevenir el posible desgaste o roturas entre las uniones y bisagras de la carcasa, la bandeja del papel y el escáner.
- **Ampliación del área de las placas de circuitería electrónica, lo que incrementa un 10% su peso.** Se considera que una ampliación del área del circuito permitirá una mejor disipación de las sobrecargas de tensión, lo que aumentará su resistencia y se mejorará la distribución de los componentes electrónicos instalados en las placas.
- **Aumento de la cantidad de tinta contenida del 100% (el doble) en los cartuchos mediante la sustitución de los cartuchos de duración estándar por otros de larga duración** (sin que haya un cambio en el peso de la carcasa). La finalidad de la mejora propuesta es reducir la frecuencia de consumo y cambio de cartuchos de tinta en el dispositivo, lo que podría llegar a prevenir problemas de obsolescencia identificados (véase [apartado 3.2](#) del *Estudio pormenorizado de una impresora doméstica* previo) y reducirá los consumos e impactos asociados a la fabricación de los cartuchos y de la propia impresora.

### 6.1.3. Implicaciones en el ACV y el ACCV de las alternativas de diseño para mejorar la durabilidad

Las propuestas de diseño expuestas anteriormente implican los siguientes cambios en el BOM de la impresora del caso Mejorado respecto a la del caso Base:

- Cambio en el peso del HIPS de la carcasa de 3.743,25 g a 4.304,74 g.
- Cambio en el peso de la placa electrónica de 322,0 g a 354,20 g.
- Cambio en el peso del contenido de tinta en cada cartucho de 34 g a 68 g (sustitución de cartuchos de duración estándar por cartuchos de larga duración con más tinta).

Como resultado, se producirán los siguientes incrementos en los pesos totales del producto mejorado (**Tabla 25**):

**Tabla 25.** Variaciones en los pesos del caso Base y el caso Mejorado.*Fuente: elaboración propia.*

Masas totales	Caso Base (g)	Caso Mejorado (g)
Sin embalaje, sin cartuchos	8.050,0	8.643,70
Con embalaje, sin cartuchos	9.050,0	9.643,70
Con embalaje y cartuchos	9.164,0	9.791,70

Respecto al ACCV, como se ha visto, las alternativas propuestas como mejoras de diseño para el caso Mejorado implican que el nuevo dispositivo pase más al contar con más material y sea de una calidad superior. Se ha supuesto que esto se traduce en un incremento en los precios de venta en mercado de la impresora mejorada (50 %) y los cartuchos de larga duración (40 %), así como en el precio de la pieza de repuesto (20 %) (**Tabla 26**):

**Tabla 26.** Diferencia de precio entre el caso Base y el caso Mejorado.*Fuente: elaboración propia.*

Coste unitario	Caso Base (€)	Caso Mejorado (€)	Incremento (%)
Impresora	100	150	50
Cartucho individual (por color)	10	14	40
Pieza de repuesto	65	78	20

## 6.2. Mejoras en Reparabilidad

### 6.2.1. Aspectos de diseño que dificultan la reparabilidad

Según la información recopilada en el [apartado 3.4](#) del *Estudio pormenorizado de una impresora doméstica* previo, la reparabilidad depende de cuestiones que van más allá de las mejoras que se han propuesto en este trabajo, pues implica cuestiones sobre el diseño integrado del producto y de sus componentes o de la distribución de los mismos en el dispositivo, además de la programación de software de uso y actualizaciones de firmware. Alguno de los problemas más frecuentes que dificultan la reparabilidad de las impresoras son:

- Códigos de error de difícil interpretación o bloqueo del dispositivo tras fallo, lo que en ocasiones puede dificultar el diagnóstico preliminar.
- Accesibilidad y desmontaje complejos de componentes o elementos críticos.
- Escasa disponibilidad de recambios o no estandarización de los mismos entre diferentes marcas comerciales e incluso entre diferentes gamas dentro de la misma marca.
- Rápida actualización de componentes.
- Dificultad de acceso a información técnica de reparación del producto a usuarios y centros de reparación.

- Escasa información sobre disponibilidad y funcionalidad de las actualizaciones del firmware, así como la obligatoriedad de instalación.
- Elevado precio de las piezas de recambio, que en ocasiones supera el 50 % del coste inicial de la impresora.

Aunque no se especifica concretamente ninguna mejora en cuanto a la reparabilidad del producto del caso Mejorado, se asume la existencia de las mismas, lo que se refleja en una reducción en los tiempos de mano de obra de las operaciones de reparación y desmontaje por parte de los técnicos y operarios especializados.

### *6.2.1. Posibles alternativas de diseño para mejorar la reparabilidad*

La principal alternativa de diseño para mejorar la reparabilidad del dispositivo es la implementación de un ecodiseño integral del producto durante su fase de concepción, de tal forma que se facilite su reparación o desmontaje para favorecer el alargamiento de su vida útil, entre otros. Se pueden mencionar las siguientes alternativas:

- Asegurar la afinidad de consumibles remanufacturados o reciclados homologados, sin que esto genere problemas de obsolescencia o incompatibilidades.
- Facilitar el desmontaje, por ejemplo, mediante el uso de códigos de colores para identificar piezas valiosas o críticas u otros componentes de interés. Esta información también puede estar disponible a través de un código QR colocado en el mismo producto<sup>91</sup>.
- Facilitar el acceso al software y manuales de servicio tanto para las empresas reparadoras como para los usuarios.
- Estandarización de componentes y piezas, unificando, además, los distintos tipos de uniones que permitan ser desmontadas sin tener que romperlas ni emplear herramientas.
- Disponibilidad de piezas y componentes compatibles para varias líneas de producto al menos durante la vida útil esperada, a precios asequibles.
- Diseñar favoreciendo la reparación o sustitución (desmontaje y montaje) de las piezas con mayor tasa de fallo.

### *6.2.3. Implicaciones en el ACV y el ACCV de las alternativas de diseño para mejorar la reparabilidad*

Las mejoras de reparabilidad supuestas no son cuantificadas en el ACV, pero sí se reflejan en el ACCV del caso Mejorado, puesto que se modifica el tiempo de mano de obra establecido para la reparación y el desmontaje al final de la vida útil de la impresora. Puesto que estas mejoras de reparabilidad hacen que la impresora del

---

<sup>91</sup> [PROYECTO C-SERVEES \(c-serveesproject.eu\)](http://c-serveesproject.eu)

caso Mejorado presente un diseño que facilita la extracción de los componentes averiados y el desmontaje del dispositivo, se ha cuantificado una reducción en el tiempo requerido por el técnico u operario para ejecutar la actividad pertinente (**Tabla 27**).

**Tabla 27.** Reducción en el tiempo de mano de obra del técnico especializado durante la reparación de la impresora del caso Mejorado respecto a la del caso Base.

*Fuente: elaboración propia.*

Mano de obra	Caso Base (h)	Caso Mejorado (h)	Reducción (%)
Reparación de la impresora por técnico	1,5	1	33,3

### 6.3. Mejoras en Reciclabilidad

#### 6.3.1. Aspectos de diseño que dificultan la reciclabilidad

Pese a las disposiciones de la Directiva RAEE, hay que tener en cuenta que el grupo de productos de las impresoras, especialmente las de inyección de tinta para uso doméstico, presentan ciertas particularidades ya comentadas en el [apartado 3.2.2](#) del *Estudio pormenorizado de una impresora doméstica* previo, que derivan, frecuentemente, en problemas de obsolescencia.

Actualmente el modelo de negocio del sector de la impresión está centrado en la venta de los consumibles de tinta (se entiende que para las impresoras de inyección de tinta domésticas), lo que permite bajar el precio de mercado de la mayoría de impresoras de uso doméstico, lo que las hace relativamente asumibles para el usuario medio. Esto lleva al usuario a optar por la adquisición de un nuevo equipo en caso de fallo del dispositivo, en lugar de una reparación del mismo, muchas veces muy costosa. En estos casos, se descarta el equipo y se apela a que sea gestionado correctamente, lo que tampoco está, ni mucho menos, asegurado. Incluso en el caso de que sea debidamente recogido y gestionado como RAEE, las empresas de reciclaje se encuentran con que las impresoras no son dispositivos fácilmente reutilizables ni reciclables, puesto que su diseño, construcción y materiales, hacen que la rentabilidad del reciclaje de las mismas sea poco atractiva para las empresas de tratamiento de residuos.

De la misma forma, la composición de las tintas de los cartuchos, de base química variable dependiendo de la marca y calidad, hacen que su destino en el fin de vida sea casi siempre la valorización energética, obviando otros escenarios previos más deseables de la jerarquía de residuos.

### 6.3.2. Posibles alternativas de diseño para mejorar la reciclabilidad

En 2019, la Comisión publicó una comunicación sobre el Pacto Verde Europeo<sup>92</sup> a favor de modernizar la economía de la UE y dar prioridad a la reducción del uso de material y al aumento de la reutilización frente al reciclado. En 2020 publicó el Plan de Acción sobre la Economía Circular<sup>72</sup>, en el que se identifican los aparatos electrónicos e informáticos como productos que exigen una intervención urgente, fomentando la mejora en el diseño de los productos, la capacitación de los consumidores y la circularidad en los procesos de producción. En este contexto, se afirma que el diseño de un nuevo producto mejorado, implica una reducción de los residuos enviados a vertedero que mejore su reciclabilidad.

Además, una mejor elección de los materiales y de diseño en los productos no solo implica aumentar su reciclabilidad, sino que mejora paralelamente su reparabilidad y durabilidad. En base a ello, se pueden plantear algunos ejemplos de alternativas de diseño para reducir la dificultad de reciclaje de las impresoras de inyección de tinta (**Tabla 28**):

**Tabla 28.** Relación de mejoras en el diseño de impresoras para mejorar su reciclabilidad.

*Fuente: elaboración propia.*

Aspecto	Mejora de diseño
Potenciar el uso material reciclado en productos nuevos.	Utilizar materiales reciclados en la producción de componentes y tintas.
Potenciar reciclabilidad	Desmontaje selectivo o desmantelamiento manual de piezas sueltas. Adaptación de procesos para que los recicladores.
Dificultad en el desmontaje del producto.	Diseño que facilite el desmontaje. Separación de uniones o componentes sin herramientas o herramientas estándares. Diseñar manuales de desmontaje digitales más eficientes <sup>91</sup> .
Facilitar el reciclado.	Evitar mezclas de materiales incompatibles o sustancias peligrosas que dificulten o impidan su reciclado. Evitar tratamientos superficiales, etiquetas, etc. que dificulten o retrasen la separación durante el reciclado. Marcado e identificación partes plásticas. Evitar tipos de plástico no identificados.
Cambio de materiales con mayor potencial de reciclado.	Desarrollar tintas con mayor potencial de reciclado.
Cambio a materiales constituyentes orgánicos.	Impresoras diseñadas con bioplásticos. Fomentar el uso de tintas orgánicas o de base vegetal.

Aunque no se propone concretamente ninguna mejora en el presente trabajo, ya se han comentado previamente algunas de las cuestiones propuestas en el Acuerdo Voluntario de

<sup>92</sup> [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf)

la industria de la impresión (véase [apartado 3.3.1](#) del *Estudio pormenorizado de una impresora doméstica* previo) y se supone que la impresora del caso Mejorado presenta avances sustanciales en este sentido, cuya cuantificación se especifica en el siguiente apartado.

### 6.3.3. Implicaciones en el ACV y el ACCV de las alternativas de diseño para mejorar la reciclabilidad

Según el Real Decreto 110/2015 de 20 de febrero sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos<sup>5</sup> a los RAEE categoría 6 les aplica, a partir del 15 de agosto de 2018, unos objetivos mínimos de preparación para la reutilización, valorización y reciclaje del 4 % (respecto a los RAEE recogidos en esa fracción), 75 % y 55 %, respectivamente. Estos objetivos porcentuales serán tomados como referencia para los nuevos escenarios de Fin de Vida de la impresora del caso Mejorado, asumiéndose que, gracias a su diseño mejorado, esta superará los porcentajes de los escenarios de Fin de Vida de la impresora del caso Base, lo que repercutirá tanto en el ACV como en el ACCV (**Tabla 29**):

**Tabla 29.** Comparativa de los escenarios de Fin de Vida planteados para la impresora del caso Mejorado respecto a la del caso Base.

**Fuente:** elaboración propia.

Escenario de Fin de Vida	Caso Base	Caso Mejorado
Preparación para la reutilización	0,9 %	4,0 %
Reciclado	73,4 %	80,0 %
Recuperación energética	4,0 %	5,0 %
Vertedero	26,5 %	11,0 %

Por otro lado, y específicamente para el ACCV, se asume que las mejoras de diseño existentes en la impresora del caso Mejorado en cuanto a la reparabilidad simplifican la tarea de desmontaje de la misma por parte del operario de la planta de tratamiento al final de su vida útil, lo que se traduce en una reducción del tiempo empleado en dicha tarea y, por tanto, en el coste de la mano de obra (**Tabla 30**).

**Tabla 30.** Reducción en el tiempo de mano de obra del operario de planta de tratamiento durante la reparación de la impresora del caso Mejorado respecto a la del caso Base.

**Fuente:** elaboración propia.

Mano de obra	Caso Base (h)	Caso Mejorado (h)	Reducción (%)
Desmontaje de la impresora por operario	0,5	0,3	40

Sin embargo, el tiempo necesario para el desmontaje de los cartuchos de tinta en la fase de Fin de Vida permanece igual en ambos casos (0,02 h), puesto que la mejora

de durabilidad propuesta está relacionada con la duración del mismo y con el volumen de tinta contenido.

## 7. Definición del caso Mejorado

### 7.1. Análisis del Ciclo de Vida (ACV) del caso Mejorado

#### 7.1.1. Resultado del Bill Of Materials (BOM) del caso Mejorado

Atendiendo a las mejoras indicadas en el apartado previo, se han realizado las pertinentes modificaciones en el BOM de la impresora del caso Base, obteniéndose como resultado el siguiente BOM para la impresora del caso Mejorado (**Tabla 31**):

**Tabla 31.** BOM de la impresora del caso Mejorado.  
*Fuente: elaboración propia.*

COMPONENTE	Porcentaje (%)	Masa (g)	Material	Porcentaje (%)	Masa (g)
Motores (DC/PaP)	4,42	382,38	Hierro	2,33	201,25
			Aluminio	0,93	80,50
			Cobre	1,16	100,63
Carcasa estructural	49,80	4.304,74	HIPS	49,80	4.304,74
Componentes mecánicos y auxiliares	30,04	2.596,13	Acero	12,58	1.086,75
			ABS	15,83	1.368,50
			Goma	1,63	140,88
Componentes electrónicos (incluye cables)	6,89	595,70	Circuito impresos	4,10	324,50
			Electrónica	0,93	80,50
			Cable	1,86	161,00
Escáner	8,85	764,75	Vidrio	8,85	764,75
<b>TOTAL (IMPRESORA)</b>	<b>100</b>	<b>8.643,70</b>		<b>100</b>	<b>8.643,70</b>
Embalaje	100	1.000,00	Cartón	100 %	1.000,00
<b>TOTAL (IMPRESORA+EMBALAJE)</b>	<b>100</b>	<b>9.643,70</b>		<b>100</b>	<b>9.643,70</b>
Cartuchos (x4)	54,05	80,00	PET	54,05	80,00
Tinta líquida (x4)	29,82	68,00	Tinta líquida	45,95	34,00
<b>TOTAL (CARTUCHOS)</b>	<b>100</b>	<b>148,00</b>		<b>100</b>	<b>148</b>
<b>TOTAL (IMPRESORA+EMBALAJE+CARTUCHOS)</b>	<b>100</b>	<b>9.791,70</b>		<b>100</b>	<b>9.791,70</b>

Estos cambios de materiales se reflejan también como cambios en el inventario. Para la realización del inventario del caso mejorado se han tenido en cuenta las mismas consideraciones que para el caso base y, de igual manera, se basa en su mayoría en

datos secundarios de la base de datos de Ecoinvent, integrada en el software de ACV SimaPro.

Si bien el producto del caso Mejorado presenta partes constituyentes iguales a las del caso Base que no se ven modificadas por las estrategias de diseño para alargar su vida útil, es preciso su reevaluación para poder cubrir toda la unidad funcional de referencia en la comparativa posterior ([apartado 8](#)).

### 7.1.2. Inventario del Ciclo de Vida (ICV) del caso Mejorado

#### 7.1.2.1. Cambios en el Inventario del Ciclo de Vida (ICV) del caso Mejorado

En el [apartado 3](#) se indica el alcance y límites del sistema que van a considerarse para el ACV de ambos modelos, a continuación se exponen aquellos aspectos que se ven modificados como consecuencia de las mejoras establecidas en el nuevo modelo.

#### Aspectos de la fase de Fabricación

Se modifican los pesos de algunos materiales del BOM para la fabricación de los componentes de la impresora del caso Mejorado, pero no los procesos genéricos por material necesarios.

#### Aspectos de la fase de Distribución al centro de venta

Derivado de las mejoras consideradas anteriormente ([apartado 6](#)), el peso total de la impresora del caso Mejorado se ve incrementado ligeramente respecto al caso Base, lo que repercute en el cálculo del transporte. Al igual que en el caso Base, los valores se han tomado de la Metodología MEERP de la Comisión Europea<sup>86</sup>, empleada en los estudios preparatorios de productos relacionados con la energía.

En la siguiente tabla se indican las tkm del caso Mejorado, cuyo peso es de 9.791,70 g (embalaje incluido) (**Tabla 32**):

**Tabla 32.** Distancias del transporte consideradas para el producto caso Mejorado.  
**Fuente:** elaboración propia a partir de metodología MEERP.

Tipo	Distancia (Km)	Porcentaje (%)	tkm
Tren	1.000	50	4,90
Barco	12.000	45	52,88
Avión	10.000	5	4,90
Camión grande	500	100	4,90
Camión mediano	200	100	1,96

### Aspectos de la fase de Uso

La sustitución de los cartuchos de tinta de duración estándar en la impresora del caso Base por otros de larga duración en la del caso Mejorado modifica el BOM, pero se mantiene excluido el consumo energético y el de otros consumibles (papel) en la fase de uso al considerarse invariable en ambos casos (véase [apartado 6.1.3](#)).

### Aspectos de la fase de Fin de Vida

El escenario de fin de vida también cambia según los nuevos porcentajes de reciclado conseguidos por las actuaciones de mejora de reciclabilidad (véase [apartado 6.3.3](#)).

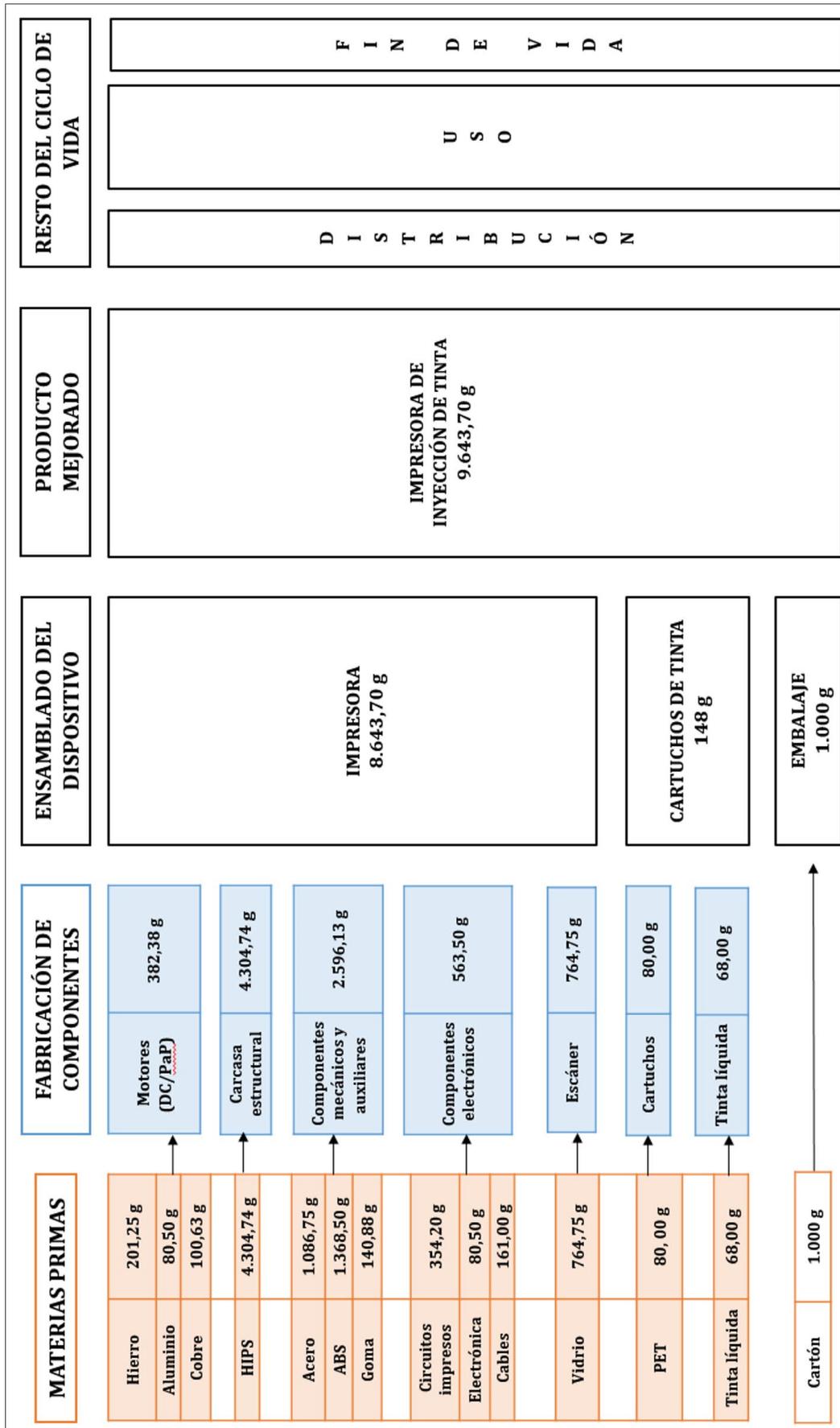
#### *7.1.3. Evaluación de impactos ambientales del caso Mejorado*

La evaluación de impactos se presenta de la misma forma que en el apartado análogo del caso Base (véase [apartado 5.1.3](#)) y se ha realizado utilizando el método *ReCiPe 2016 Midpoint (H) v1.04*, incluido en la herramienta SimaPro, que sería el método por defecto de ReCiPe

##### 7.1.3.1. Impacto de los componentes de la impresora del caso Mejorado

Los resultados para las diferentes categorías de impacto se indican a continuación (**Tabla 33** y **Tabla 34**).

7.1.2.2. Diagrama de proceso del caso Mejorado



**Tabla 33. Resultados por categoría de impacto para los componentes de la impresora del caso Mejoramiento durante su Ciclo de Vida (valores absolutos).**

**Fuente:** elaboración propia mediante software SimaPro.

Categoría de impacto	Unidad	TOTAL	Escáner	Motores (DC/PaP)	Carcasa estructural	Componentes electrónicos	Componentes mecánicos y auxiliares
Cambio climático	kg CO <sub>2</sub> eq	<b>164,35</b>	0,97	2,10	14,50	139,13	7,66
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	<b>0,000098</b>	0,000000	0,000002	0,000004	0,000090	0,000001
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	<b>1,41</b>	0,00	0,01	0,13	1,26	0,01
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	<b>0,50</b>	0,00	0,01	0,03	0,45	0,01
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	<b>0,42</b>	0,00	0,02	0,02	0,37	0,01
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	<b>0,51</b>	0,00	0,01	0,03	0,45	0,02
Acidificación terrestre	kg SO <sub>2</sub> eq	<b>0,89</b>	0,01	0,05	0,04	0,77	0,02
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	<b>0,03</b>	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Eutrofización marina	kg N eq	<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	<b>2348,51</b>	3,42	346,00	26,01	1953,77	19,31
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	<b>1,35</b>	0,00	0,02	0,01	1,32	0,01
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	<b>7,01</b>	0,00	0,17	0,03	6,79	0,02
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	<b>2,78</b>	0,00	0,28	0,10	2,02	0,37
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	<b>170,97</b>	0,16	19,17	2,17	148,44	1,04
Uso del suelo	m <sup>2</sup> a crop eq	<b>5,03</b>	0,03	0,08	0,43	4,44	0,05
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	<b>6,07</b>	0,01	0,17	0,04	5,75	0,11
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	<b>47,55</b>	0,25	0,49	8,72	34,82	3,26
Consumo de agua	m <sup>3</sup>	<b>1,70</b>	0,01	0,02	0,17	1,32	0,18

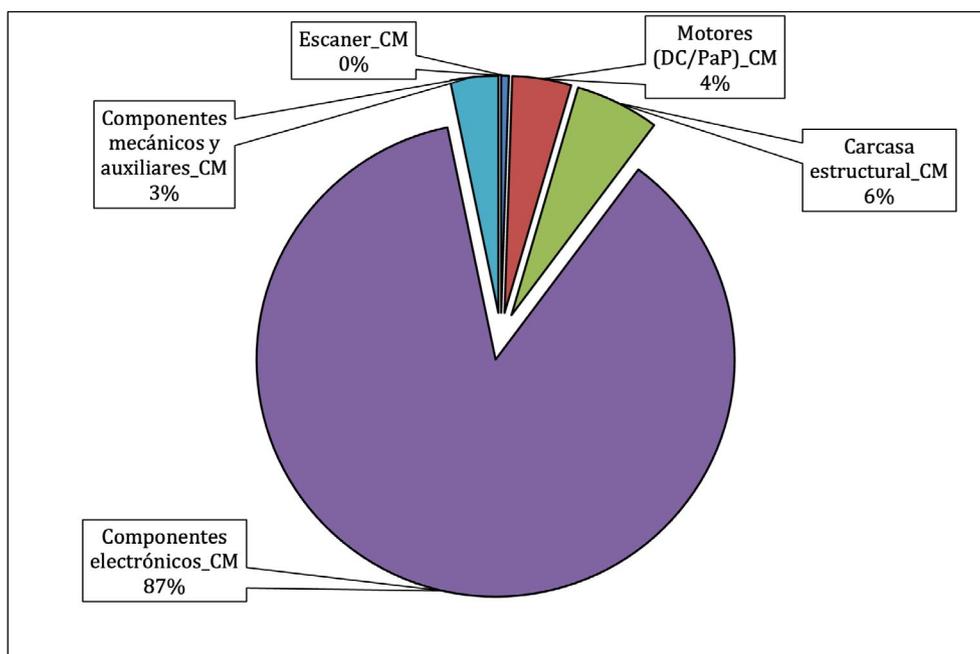
**Tabla 34. Resultados por categoría de impacto de impacto para los componentes de la impresora del caso Mejorado durante su Ciclo de Vida (valores porcentuales).**

**Fuente:** elaboración propia mediante software SimaPro.

Categoría de impacto	TOTAL	Escáner	Motores (DC/PaP)	Carcasa estructural	Componentes electrónicos	Componentes mecánicos y auxiliares
Cambio climático	100 %	0,59%	1,28%	8,82%	84,65%	4,66%
Agotamiento ozono estratosférico	100 %	0,24%	2,16%	4,45%	92,34%	0,81%
Radiación ionizante	100 %	0,35%	0,79%	8,93%	89,00%	0,93%
Formación ozono. Salud Humana	100 %	0,79%	2,12%	5,90%	88,32%	2,87%
Formación partículas finas	100 %	0,53%	4,47%	3,96%	88,89%	2,15%
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	100 %	0,78%	2,13%	6,16%	87,92%	3,01%
Acidificación terrestre	100 %	0,75%	5,71%	4,74%	86,41%	2,39%
Eutrofización de agua dulce	100 %	0,06%	1,70%	1,56%	95,42%	1,26%
Eutrofización marina	100 %	0,13%	4,09%	1,41%	88,76%	5,62%
Ecotoxicidad terrestre	100 %	0,15%	14,73%	1,11%	83,19%	0,82%
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	100 %	0,04%	1,28%	0,59%	97,58%	0,50%
Ecotoxicidad marina	100 %	0,04%	2,49%	0,39%	96,81%	0,26%
Toxicidad humana carcinogénicos	100 %	0,16%	10,21%	3,66%	72,73%	13,24%
Toxicidad humana no carcinogénicos	100 %	0,09%	11,21%	1,27%	86,82%	0,61%
Uso del suelo	100 %	0,58%	1,64%	8,48%	88,26%	1,04%
Escasez de recursos minerales	100 %	0,08%	2,80%	0,61%	94,72%	1,79%
Escasez de recursos fósiles	100 %	0,53%	1,04%	18,33%	73,24%	6,87%
Consumo de agua	100 %	0,34%	1,30%	10,27%	77,70%	10,39%

En la **Figura 35** se muestra la contribución de cada componente de la impresora del caso Mejorado a los impactos del Ciclo de Vida de la misma, considerando el método de *ReCiPe end-point (H)* que pondera los diferentes impactos en un indicador único.

Como se puede apreciar, los componentes electrónicos (incluidos los cables) suponen el mayor impacto sobre todas las categorías, seguido de la carcasa estructural (6%). Sin embargo, motores (DC/PAC), los componentes mecánicos auxiliares y el escáner apenas contribuyen a los impactos con un 4%, 3% y 0,01%, respectivamente. valores.



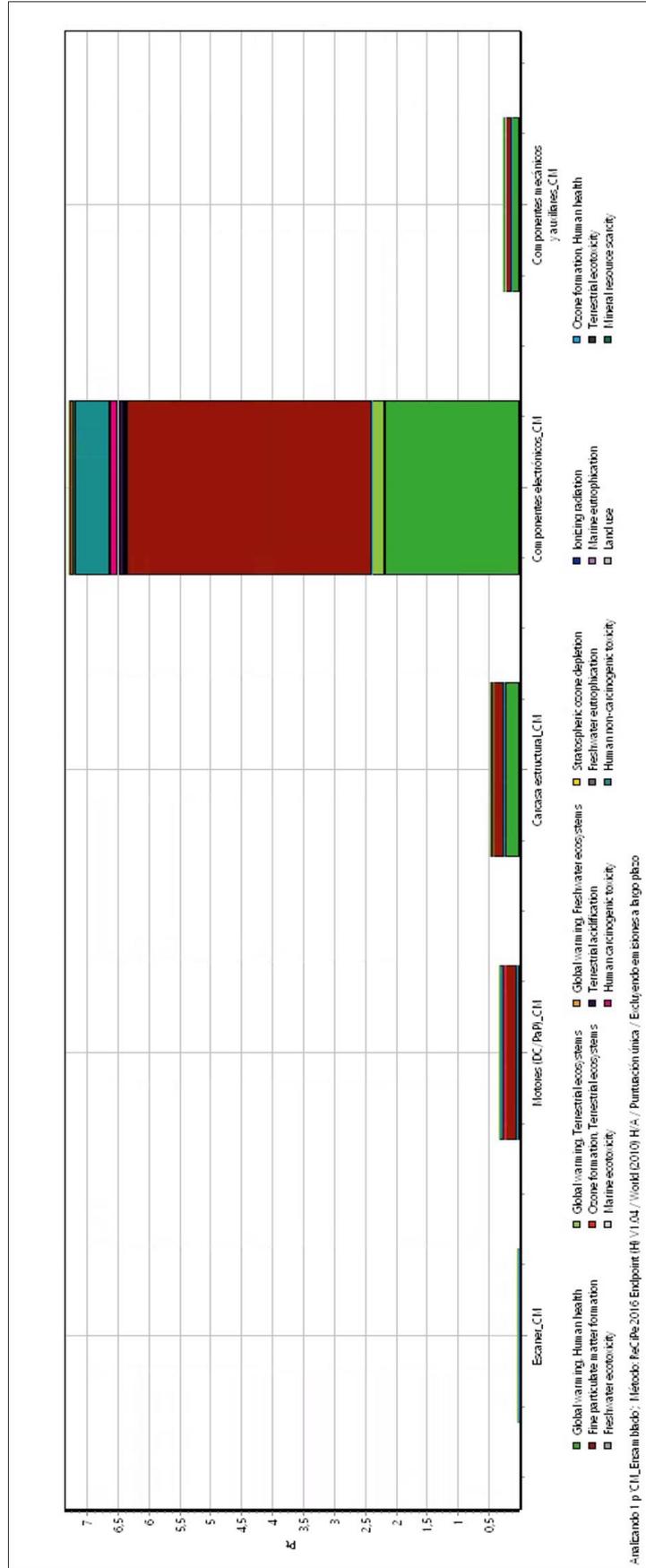
**Figura 35.** Distribución del impacto en indicador único por componentes de la impresora del caso Mejorado (CM) durante su Ciclo de Vida.

**Fuente:** elaboración propia a partir de resultados del software SimaPro.

Para una mejor visualización, se muestra el desglose de impactos de cada componente analizado en la **Figura 36**. Se aprecia como los componentes electrónicos son relevantes en cuanto a los impactos de «Calentamiento global. Salud Humana» y «Formación de partículas finas».

#### 7.1.3.2. Impacto de las fases del Ciclo de Vida de la impresora del caso Mejorado

Se presentan los resultados sobre las diferentes categorías de impacto considerando todas las fases del Ciclo de Vida (véase [apartado 3](#)), expresados de forma numérica (**Tabla 35** y **Tabla 36**) y visual (**Figura 37**):



**Figura 36.** Resultados de la ponderación en indicador único de los diferentes impactos asociados a cada componente de la impresora del caso Mejorado (CM) (valores porcentuales).

Fuente: elaboración propia mediante software SimaPro.

**Tabla 35. Resultados por categoría de impacto de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Mejorado (valores absolutos).**

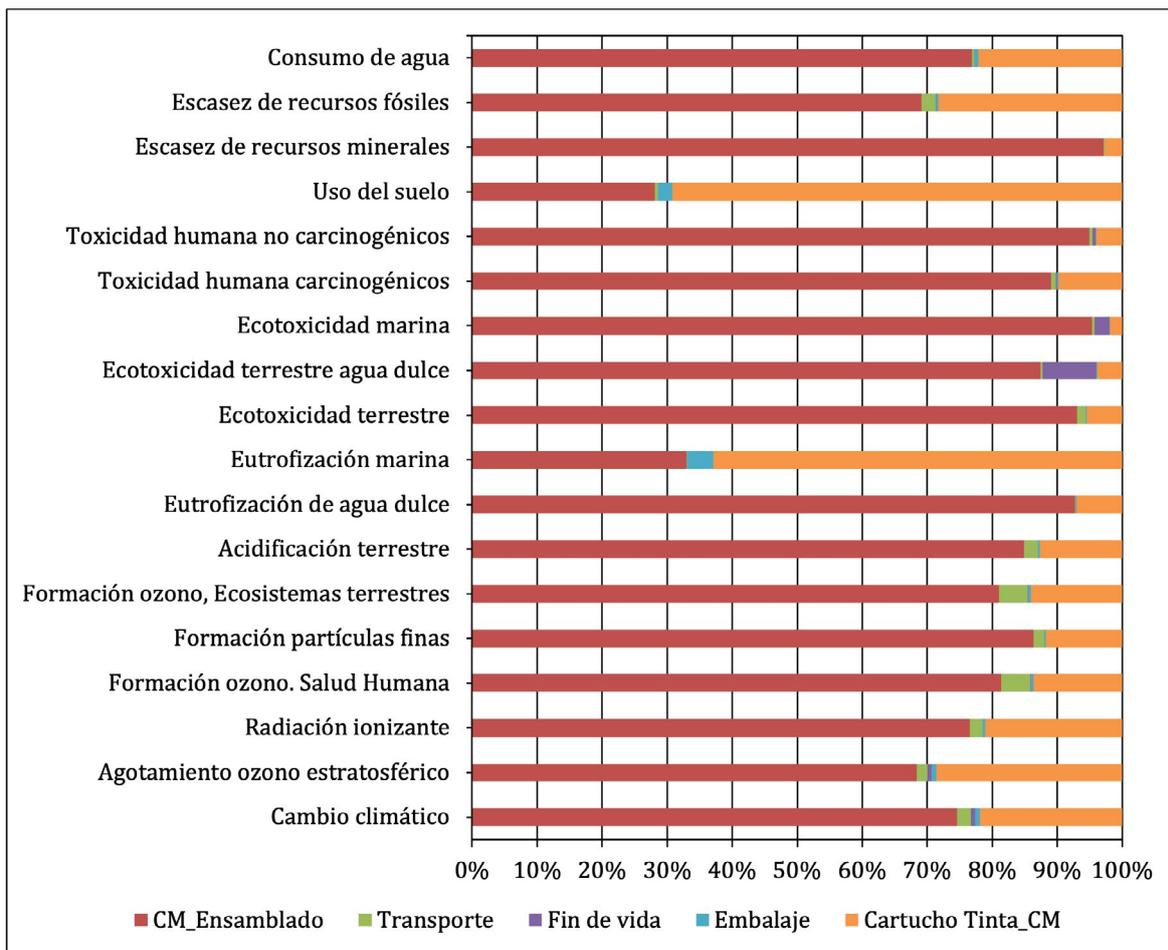
**Fuente:** elaboración propia mediante software SimaPro.

Categoría de impacto	Unidad	TOTAL	Ensamblado	Transporte	Fin de vida	Embalaje	Cartucho Tinta
Cambio climático	kg CO <sub>2</sub> eq	220,33	164,35	4,72	1,38	1,63	48,25
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,000143	0,000098	0,00000	0,00000	0,00000	0,00004
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	1,85	1,41	0,04	0,00	0,01	0,39
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	0,62	0,50	0,03	0,00	0,00	0,08
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	0,49	0,42	0,01	0,00	0,00	0,06
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	0,64	0,51	0,03	0,00	0,00	0,09
Acidificación terrestre	kg SO <sub>2</sub> eq	1,04	0,89	0,02	0,00	0,00	0,13
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Eutrofización marina	kg N eq	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	2523,86	2348,51	32,09	0,69	3,27	139,30
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	1,55	1,35	0,01	0,13	0,00	0,06
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	7,36	7,01	0,03	0,17	0,00	0,14
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	3,12	2,78	0,02	0,01	0,01	0,31
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	180,18	170,97	0,98	0,80	0,22	7,21
Uso del suelo	m <sup>2</sup> a crop eq	17,89	5,03	0,08	0,00	0,40	12,38
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	6,25	6,07	0,01	0,00	0,00	0,16
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	68,79	47,55	1,53	0,02	0,27	19,43
Consumo de agua	m <sup>3</sup>	2,21	1,70	0,01	0,00	0,01	0,49

**Tabla 36.** Resultados por categoría de impacto de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Mejorado (valores porcentuales).

**Fuente:** elaboración propia mediante software SimaPro.

Categoría de impacto	TOTAL	Ensamblado	Transporte	Fin de vida	Embalaje	Cartucho Tinta
Cambio climático	100 %	74,59 %	2,14 %	0,63 %	0,74 %	21,90 %
Agotamiento ozono estratosférico	100 %	68,36 %	1,62 %	0,67 %	0,73 %	28,61 %
Radiación ionizante	100 %	76,51 %	1,99 %	0,02 %	0,39 %	21,09 %
Formación ozono. Salud Humana	100 %	81,38 %	4,46 %	0,09 %	0,43 %	13,64 %
Formación partículas finas	100 %	86,37 %	1,61 %	0,03 %	0,25 %	11,75 %
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	100 %	81,04 %	4,41 %	0,09 %	0,43 %	14,05 %
Acidificación terrestre	100 %	84,87 %	2,12 %	0,03 %	0,30 %	12,69 %
Eutrofización de agua dulce	100 %	92,69 %	0,09 %	0,00 %	0,19 %	7,02 %
Eutrofización marina	100 %	33,01 %	0,06 %	0,04 %	4,02 %	62,87 %
Ecotoxicidad terrestre	100 %	93,05 %	1,27 %	0,03 %	0,13 %	5,52 %
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	100 %	87,43 %	0,35 %	8,18 %	0,20 %	3,84 %
Ecotoxicidad marina	100 %	95,36 %	0,35 %	2,34 %	0,06 %	1,90 %
Toxicidad humana carcinogénicos	100 %	89,02 %	0,75 %	0,20 %	0,24 %	9,79 %
Toxicidad humana no carcinogénicos	100 %	94,89 %	0,54 %	0,44 %	0,12 %	4,00 %
Uso del suelo	100 %	28,10 %	0,47 %	0,02 %	2,21 %	69,19 %
Escasez de recursos minerales	100 %	97,14 %	0,21 %	0,00 %	0,04 %	2,60 %
Escasez de recursos fósiles	100 %	69,11 %	2,23 %	0,02 %	0,40 %	28,24 %
Consumo de agua	100 %	76,89 %	0,29 %	0,05 %	0,59 %	22,17 %



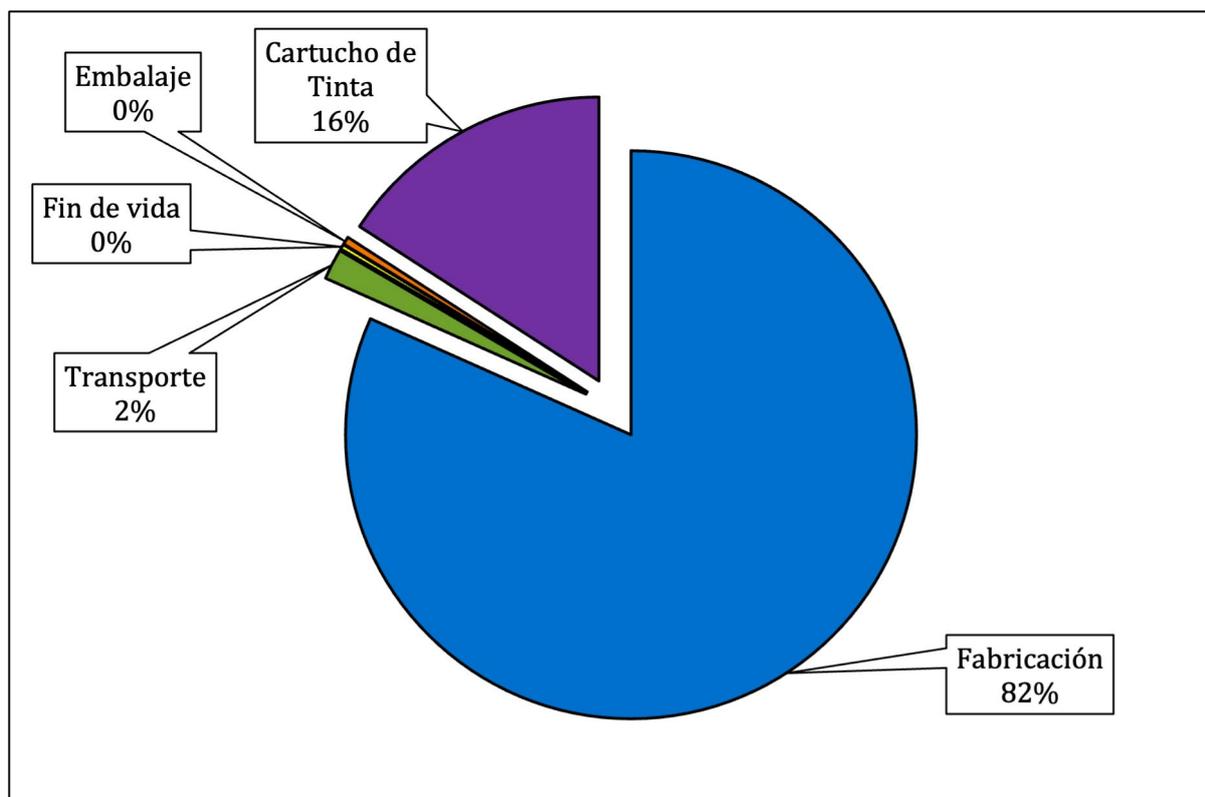
**Figura 37.** Representación gráfica de los resultados por categorías de impacto de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Mejorado (valores porcentuales).

**Fuente:** elaboración propia mediante software SimaPro.

El impacto generado durante las fases de distribución, final de vida y el asociado al embalaje es muy inferior al del ensamblado del propio del equipo. Destacan especialmente los impactos sobre la «Escasez de recursos minerales», «Toxicidad humana no carcinogénicos» y «Ecotoxicidad marina». Por otro lado, se aprecia como el impacto de los cartuchos de tinta llega a superar al impacto del ensamblado de la propia impresora en las categorías de «Eutrofización marina» y «Usos del suelo».

Además, como se ha dicho, debido al método de sistema seleccionado (*Cut-off*), la gestión de los residuos siempre tiene un impacto positivo, que se asigna al proceso de reciclado. Los materiales recuperados tienen un valor de impacto nulo, no negativo.

De manera análoga al caso Base, a continuación se incluyen los resultados del ACV del caso Mejorado considerando el método de *ReCiPe end-point (H)* del software SimaPro, que pondera los diferentes impactos en un indicador único y se representa gráficamente el impacto de cada fase respecto al total en porcentaje (**Figura 38**).



**Figura 38.** Distribución del impacto total de las fases (y embalaje) del Ciclo de Vida del caso Mejorado (CM).

**Fuente:** elaboración propia a partir de resultados del software SimaPro.

## 7.2. Análisis de Costes del Ciclo de Vida (ACCV) del caso Mejorado

Se ha realizado un análisis para evaluar algunos de los costes del Ciclo de Vida del caso Mejorado. Este ACCV es análogo al del caso Base, por lo que se remite al mismo para las pertinentes explicaciones de los parámetros, consideraciones y algunos de los supuestos de partida considerados (véase [apartado 5.2](#)).

Los cambios en los supuestos del ACCV del producto del caso Mejorado respecto al del caso Base se detallan a continuación (véase [apartado 6](#)) (**Tabla 37**):

- Fase de Uso:
- Se establece un precio de venta en mercado estándar para la impresora del caso Base de 150 € y de 14 € por cartucho (de larga duración), lo que representa unos incrementos del 50 % y del 20%, respectivamente, respecto al caso Base.
- Para definir los *Años de Coste* y *Ciclos de Vida* del precio de venta en mercado de la impresora del caso Mejorado se ha establecido que el dispositivo se adquiere (compra) en el año 0 (*Año de coste*: 0; *Ciclos de vida*: 1).

- Para definir los *Años de Coste* y *Ciclos de Vida* del precio de venta en mercado de los cartuchos del caso Mejorado, pese que su consumo es progresivo, se ha optado por cuantificar el coste total de todos ellos (84 cartuchos, 21 por cada color, véase [apartado 4](#)) al final de la vida útil del dispositivo, es decir, en el séptimo año (*Año de coste*: 7; *Ciclos de vida*: 1).
- Se supone una avería en la impresora a los 4 años de uso que implica la sustitución de una pieza, para la que se establece un precio de venta en mercado estándar de 78 €, lo que representa un incremento del 20 % del coste respecto al del caso Base.
- Se considera 1 h (reducción del 33,3 % respecto al caso Base) de tiempo para el proceso de reparación o cambio de 1 pieza por parte de un técnico especialista y que se produce a los 4 años de haber adquirido el dispositivo (*Año de coste*: 4; *Ciclos de vida*: 1). Aunque no se ha supuesto una pieza concreta para realizar el cálculo, el análisis de las piezas más susceptibles de ser reparadas o cambiadas se realiza en el [apartado 3.4](#) del *Estudio pormenorizado de una impresora doméstica* previo.
- Fase de Fin de Vida:
  - Se considera 0,3 h (reducción del 40 % respecto al caso Base) de tiempo para el proceso de desmontaje de la impresora por parte de un operario de planta de tratamiento y de 0,02 para los cartuchos (se mantiene igual). Este coste se produce al final del Ciclo de Vida de la impresora (*Año de coste*: 7; *Ciclos de vida*: 1).
- Es importante destacar respecto a los costes de la fase de Fin de Vida que la cuantificación de la unidad se ha llevado a cabo a partir del peso material de la impresora y los porcentajes de reutilización, reciclado, eliminación (vertedero) y valorización (recuperación energética) definidos para el nuevo escenario de Fin de Vida en el [apartado 6.3.3](#).

**Tabla 37. Datos de partida considerados para el ACCV de la impresora del caso Mejorado.**  
**Fuente: elaboración propia.**

Fase Ciclo de Vida	Elemento	Tipo de coste	Unidad	Coste unitario	Año de Coste (n)	Ciclos de vida (CV)	Tasa de descuento (e)	Tasa de escalamiento (i)
Uso (inicio con la adquisición del/de los producto/s)	Impresora	Precio de venta en mercado (impresora multifunción)	1 ud.	150 €/ud.	0	1	2%	3%
	Cartuchos	Precio de venta en mercado (cartuchos de larga duración)	84 uds.	14 €/uds.	7	1	2%	3%
Uso (reparación)	Impresora	Mano de obra (reparación por técnico)	1 h	10 €/h	4	1	2%	1%
		Precio de venta en mercado (piezas)	1 ud.	78 €/ud.	4	1	2%	3%
Fin de Vida	Impresora	Mano de obra (desmontaje por operario)	0,3 h	15 €/h	7	1	2%	1%
		Reutilización	0,07 kg	-0,22 €/kg	7	1	2%	3%
		Reciclaje	1,85 kg	-0,03 €/kg	7	1	2%	3%
		Reciclado PCB (componentes electrónicos)	0,32 kg	-1,10 €/kg	7	1	2%	3%
		Reciclado HIPS (carcasa estructural)	3,74 kg	-0,08 €/kg	7	1	2%	3%
		Eliminación	1,74 kg	0,05 €/kg	7	1	2%	6%
		Valorización	0,32 kg	0,02 €/kg	7	1	2%	6%
		Mano de obra (desmontaje por operario)	0,02 h	15 €/kg	7	1	2%	1%
		Reutilización	0,0032 kg	-0,22 €/kg	7	1	2%	3%
		Reciclaje	0,0640 kg	-0,03 €/kg	7	1	2%	3%
Cartuchos (solo carcasa plástica)	Cartuchos (solo carcasa plástica)	Eliminación	0,0040 kg	0,02 €/kg	7	1	2%	6%
		Valorización	0,0088 kg	0,05 €/kg	7	1	2%	6%

Para realizar las proyecciones del valor a futuro a partir del coste inicial o actual (*Unidad x Coste unitario*) y retornarlo al valor presente (*Valor Actual Neto*) del producto del caso Mejorado (**Tabla 38**), se ha aplicado la siguiente fórmula:

Donde:

$$VAN = (CI \cdot CV) \cdot \left[ \frac{(1 + e)}{(1 + i)} \right]^n$$

**CI:** Coste inicial o actual del producto/servicio.

**CV:** Ciclo de Vida

**e:** Tasa de escalamiento.

**i:** Tasa de descuento.

**n:** Año de coste

**Tabla 38.** Resultados de costes actuales y valor actual para el caso Mejorado.  
*Fuente: elaboración propia.*

Fase Ciclo de Vida	Elemento	Tipo de coste	Coste inicial o actual (€)	Valor Actual Neto (VAN) (€)	
Uso (inicio con la adquisición del/de los producto/s)	Impresora	Precio de venta en mercado (impresora multifunción)	150	150,00	
	Cartuchos	Precio de venta en mercado (cartuchos de larga duración)	1.176,00	1.259,12	
Uso (reparación)	Impresora	Mano de obra (técnico)	10,00	9,61	
		Precio de venta en mercado (piezas)	78,00	81,10	
Fin de Vida	Impresora	Mano de obra (desmontaje por operario)	4,50	4,20	
		Reutilización	-0,08	-0,08	
		Reciclaje	-0,07	-0,07	
		Reciclado PCB (componentes electrónicos)	-0,39	-0,42	
		Reciclado HIPS (carcasa estructural)	-0,34	-0,37	
		Eliminación	0,01	0,01	
		Valorización	0,04	0,06	
	Cartuchos (solo carcasa plástica)	Mano de obra (desmontaje por operario)	21,42	19,99	
		Reutilización	-0,06	-0,06	
		Reciclaje	-0,16	-0,17	
		Eliminación	0,01	0,01	
		Valorización	0,03	0,05	
	<b>TOTAL</b>			<b>1.438,92</b>	<b>1.522,98</b>

El coste actual del dispositivo del caso Mejorado según los costes y las fases del Ciclo de Vida considerados es de 1.438,92 €, y su valor actual neto (VAN) asciende a 1.522,98 € (+84,06 €). Se debe tener presente que este coste tan elevado se debe a la inclusión de los cartuchos requeridos durante el Ciclo de Vida del producto durante la fase de uso. Es interesante reseñar que se trata de un coste tremendamente importante que muchas veces no es percibido como tal por parte de los consumidores que adquieren una impresora nueva (véase [apartado 3.2.1](#) del *Estudio pormenorizado de una impresora doméstica* previo). Por otro lado, el VAN de los costes en los escenarios de Fin de Vida disminuye debido a la reintroducción de material en el ciclo productivo.

## 8. Comparativa de resultados del caso Base Vs. caso Mejorado

A continuación, se exponen de manera comparativa de los resultados obtenidos en los ACV y ACCV de los casos base y mejorado. Para ello es necesario trabajar sobre la misma unidad funcional, es decir, la capacidad de impresión de 1.200 páginas/año. Sin embargo, son necesarios 1,4 equipos del caso Base para conseguir la misma función del caso Mejorado, puesto que, durante los 5 años de vida útil del caso Base, este tiene una capacidad de impresión de 6.000 páginas y un gasto de consumibles de 120 cartuchos de duración estándar, mientras que el caso Mejorado, con una vida útil de 7 años, presenta una capacidad de impresión de 8.400 páginas con un gasto de 84 cartuchos de tinta de larga duración (véase [apartado 4](#)).

### 8.1. Comparativa de resultados de los ACV

Tras la evaluación de los impactos del producto de los casos Base y Mejorado se concluye que el componente de la impresora que mayor impacto genera durante su fabricación (véase [apartados 5.1.3.1](#) y [7.1.3.1](#)) son los componentes eléctricos y electrónicos (cables incluidos), pues agrupan, respectivamente, el 86 y el 87 % del total del impacto del dispositivo. El incremento del impacto en un 1 % en el caso Mejorado se debe a la mejora de durabilidad relacionada con el aumento del área de las placas de circuitería electrónicas (véase [apartado 6.1.2](#)).

En segundo lugar, el componente de la impresora que más impacto genera es la carcasa estructural de plástico, con un 5 % en el caso Base y un 6 % en el caso Mejorado. El incremento del impacto en un 1 % en el caso Mejorado se debe a la mejora de durabilidad relacionada con el aumento del grosor de la carcasa plástica, por lo que se emplea más HIPS en la fabricación de la impresora que en la del caso Base (véase [apartado 6.1.2](#)). Por otro lado, los componentes mecánicos auxiliares y el escáner, aunque apenas suponen impacto dentro del total del producto ( $\leq 3\%$ ), ven reducido su impacto en un 1 % en el caso Mejorado respecto al caso Base. En el caso de los motores (DC/PAC) el impacto se mantiene igual en ambos casos (4 %).

Los resultados de impacto para las diferentes fases del Ciclo de Vida del producto (véase [apartados 5.1.3.2 y 7.1.3.2](#)) muestran que la fase que mayor impacto supone en ambos casos es la fabricación o ensamblado de la impresora, seguida de la de los cartuchos de tinta. El ensamblado de la impresora aumenta de un 79 % en el caso Base a un 82 % en el caso Mejorado debido, nuevamente, a las mejoras de durabilidad, que incrementan, indirectamente, su peso total.

Por otro lado, los consumibles de tinta reducen el impacto de un 19 % en el caso Base a un 16 % en el caso Mejorado debido a la sustitución de los cartuchos de duración estándar por otros de larga duración, lo que reduce el número de cartuchos necesarios durante la vida útil de la impresora del caso Mejorado (pese a que son dos años más que la del Base) y, por tanto, su impacto ambiental (véase [apartado 6.1.2](#)).

El impacto de la fase de transporte (distribución), del embalaje y de la fase de Fin de Vida son poco relevantes en el cómputo total de las fases del Ciclo de Vida de ambos casos, siendo ligeramente inferior en algunas categorías de impacto para el caso Mejorado.

Si se enfrentan los valores obtenidos para los impactos del ACV del caso Mejorado con los valores de 1,4 impresoras del caso Base (**Tabla 35 - 1,4 x Tabla 21**) se obtiene la siguiente tabla (**Tabla 39**), en donde se indican en color verde los valores en los que se consigue una reducción del impacto ambiental del caso Mejorado respecto al caso Base.

**Tabla 39.** Variación respecto al caso Base de los resultados por categoría de impacto del caso Mejorado.

**Fuente:** elaboración propia mediante software SimaPro.

Categoría de impacto	Unidad	TOTAL	Ensamblado	Transporte	Fin de vida	Embalaje	Cartuchos
Cambio climático	kg CO <sub>2</sub> eq	-74,83	-45,87	-1,45	0,01	-0,65	-26,86
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	-0,65	-0,39	-0,01	-0,00	-0,00	-0,25
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	-0,20	-0,14	-0,01	-0,00	-0,00	-0,05
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	-0,16	-0,12	-0,00	-0,00	-0,00	-0,03
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	-0,21	-0,14	-0,01	-0,00	-0,00	-0,05
Acidificación terrestre	kg SO <sub>2</sub> eq	-0,35	-0,26	-0,01	-0,00	-0,00	-0,08
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	-0,01	-0,01	-0,00	0,00	-0,00	-0,00
Eutrofización marina	kg N eq	-0,00	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	-0,00

Categoría de impacto	Unidad	TOTAL	Ensamblado	Transporte	Fin de vida	Embalaje	Cartuchos
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	-831,08	-735,52	-9,89	0,20	-1,31	-84,57
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	-0,39	-0,38	-0,00	0,00	-0,00	-0,02
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	-2,06	-1,97	-0,01	0,00	-0,00	-0,07
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	-1,07	-0,86	-0,01	0,00	-0,00	-0,20
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	-57,46	-51,91	-0,30	0,01	-0,09	-5,18
Uso del suelo	m <sup>2</sup> a crop eq	-2,43	-1,39	-0,03	-0,00	-0,16	-0,85
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	-1,83	-1,72	-0,00	0,00	-0,00	-0,10
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	-26,54	-13,13	-0,47	-0,00	-0,11	-12,83
Consumo de agua	m <sup>3</sup>	-0,86	-0,49	-0,00	-0,00	-0,01	-0,36

Como se puede apreciar, la impresora del caso Mejorado obtiene reducciones en prácticamente todas las categorías de impacto, sea cual sea la fase de vida o elemento analizado, por lo que, considerando las hipótesis realizadas y las limitaciones de información del estudio, se justificarían las mejoras estratégicas de diseño propuestas para alargar la vida útil del dispositivo desde el punto de vista medioambiental.

El resultado desfavorable (en color rojo) en la fase de Fin de Vida se debe al método de análisis escogido (*Cut-off*), en el que se considera qué si se recupera mayor cantidad de material durante la fase de fin de vida, existe un mayor impacto posterior de los procesos de tratamiento del residuo (pero un impacto nulo en los materiales de salida resultantes). Aun así, el incremento del impacto en esta fase por parte del caso Mejorado es muy reducido.

Si se analizan los resultados en indicador único (*ReCiPe end-point*), se puede apreciar (Tabla 40) el grado de mejora entre los casos Base y Mejorado, salvo en la fase de Fin de Vida por lo comentado anteriormente.

**Tabla 40.** Resultados de impacto comparativo entre productos (valor único).

**Fuente:** elaboración propia mediante software SimaPro.

	Unidad	TOTAL	Impresora	Transporte	Fin de vida	Embalaje	Cartuchos
Impresora caso Mejorado	Pt	10,31	8,43	0,18	0,03	0,05	1,63
Impresora caso Base (1,4)	Pt	13,70	10,83	0,23	0,03	0,06	2,54
Diferencia (absoluto)	Pt	-3,39	-2,41	-0,06	0,00	-0,02	-0,90
Diferencia (porcentaje)	%	-32,85 %	-28,60 %	-30,88 %	0,21 %	-40,00 %	-55,40 %

En el caso de los cartuchos de tinta merece la pena destacar el importante beneficio en términos ambientales de más del 55 % que supone emplear cartuchos de larga duración en el caso Mejorado para reducir el consumo de consumibles.

## 8.2. Comparativa de resultados de los ACCV

La siguiente tabla resume la comparativa de los resultados del ACCV del caso Mejorado respecto al caso Base en términos económicos (**Tabla 41**). Se indica en color verde los costes en los que se produce un ahorro del caso Mejorado respecto al Base y, en color rojo, los costes que se incrementan.

**Tabla 41.** Variación entre los resultados del AACV del caso Mejorado respecto a los del caso Base.

*Fuente: elaboración propia.*

Fase Ciclo de Vida	Elemento	Tipo de coste	VAN (€)		
			Base	Mejorado	Diferencia
Uso (inicio con la adquisición del/de los producto/s)	Impresora	Precio de venta en mercado (impresora multifunción)	142,00	150,00	8,00
Uso (consumibles)	Cartuchos	Precio de venta en mercado (cartuchos de duración estándar)	1.789,18	1.259,12	-530,06
Uso (reparación)	Impresora	Mano de obra (reparación por técnico)	19,97	9,61	-10,35
		Precio de venta en mercado (piezas)	95,70	81,10	-14,59
Fin de Vida	Impresora	Mano de obra (desmontaje por operario)	9,86	4,20	-5,66
		Reutilización	-0,02	-0,08	-0,06
		Reciclaje	-0,08	-0,07	0,01
		Reciclado PCB (componentes electrónicos)	-0,53	-0,42	0,11
		Reciclado HIPS (carcasa estructural)	-0,45	-0,37	0,08
		Eliminación	0,01	0,01	0,00
		Valorización	0,15	0,06	-0,09
	Cartuchos (solo carcasa plástica)	Mano de obra (desmontaje por operario)	40,22	19,99	-25,63
		Reutilización	-0,028	-0,06	-0,04
		Reciclaje	-0,316	-0,17	0,14
		Eliminación	0,016	0,015	-0,01
		Valorización	0,176	0,05	-0,13
		<b>TOTAL</b>			<b>2.095,85</b>

Los costes asociados a los procesos de reciclaje aumentan precisamente porque hay más material reciclable a tratar en el Fin de Vida en la impresora y cartuchos del caso Mejorado que en los del caso Base.

Según el resultado de la tabla anterior, y teniendo en cuenta las hipótesis y suposiciones de cálculo realizadas, el VAN total de la impresora del caso Mejorado estaría casi 600 € por debajo del de la impresora del caso Base, fundamentalmente a causa del ahorro de consumibles de tinta por la sustitución de cartuchos de duración estándar a cartuchos de larga duración.

## 9. Adquisición del producto frente al empleo de sistemas de producto-servicio

En los últimos años son muchos los usuarios que están comenzado a emplear los sistemas de servitización denominados Sistemas Producto-Servicio o, por sus siglas en inglés, PSS (*Product-Service Systems*). El concepto en el que se basan estos sistemas es el cambio en la manera en la que se satisfacen las necesidades de los consumidores mediante la adquisición de los servicios que ofrece un producto sin que exista el requisito de comprar o adquirir el producto previamente. El potencial de estos PSS sobre la sociedad, el medio ambiente y la economía ha sido analizado en el estudio realizado por García & Capuz (2016)<sup>93</sup>, donde se evalúa el impacto de diferentes PSS desde la perspectiva de la ecoeficiencia.

La ecoeficiencia, según el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA) y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, se logra mediante la entrega de bienes y servicios que satisfagan las necesidades humanas a precios competitivos y mantengan la calidad de vida, al tiempo que reduce progresivamente el impacto ecológico y la intensidad de recursos a lo largo del ciclo de vida. Por tanto, la ecoeficiencia se puede considerar como uno de los pilares de la economía circular y, desde la perspectiva de producto, se podría decir que se consigue cuando este es capaz de ofrecer el mejor servicio para el que fue diseñado con el menor impacto ambiental posible y el máximo rendimiento económico.

Según Manzini y Vezzoli (2002)<sup>94</sup> un PSS se puede definir como: «*el resultado de una innovación estratégica, cambiando el enfoque del mercado desde diseñar y vender únicamente productos físicos, a vender un sistema de productos y servicios capaces de satisfacer las demandas específicas del cliente.*» En la mayoría de casos, con un PSS la propiedad del producto es retenida por fabricantes o

<sup>93</sup> García Sáez, E., & Capuz-Rizo, S. F. (2016). *Análisis del potencial sostenible desde el punto de vista ambiental de los sistemas producto-servicio. Propuesta de clasificación y representación gráfica.*

<sup>94</sup> Manzini, E., & Vezzoli, C. A. (2002). *O desenvolvimento de produtos sustentáveis. Os requisitos ambientais dos produtos industriais* (pp. 89-345). Edusp.

proveedores y el consumidor puede arrendar, alquilar o usar conjuntamente el producto con otros usuarios o pagar por unidad de servicio. Los modelos de PSS más comunes son<sup>95</sup>:

- **PSS orientados a producto:** este modelo permite que un producto adquirido por el cliente sea complementado por unos servicios extra (mantenimiento, sustitución, actualización, financiación, asesoramiento o reciclaje) que son vendidos u ofrecidos por un proveedor o fabricante y que mejoran su ciclo de vida o utilidad.
- **PSS orientados a uso:** en este modelo la propiedad del producto pertenece al fabricante o proveedor, y el consumidor solo paga por el uso del mismo. En este modelo se encuentra el pago por unidad de servicio, en el que el cliente paga una cuota por el uso del producto, pero este no le pertenece y es el proveedor quien, de nuevo, se encarga de las actividades necesarias para el funcionamiento y mantenimiento del producto. Es un modelo muy utilizado por las empresas que utilizan impresoras o fotocopiadoras profesionales en régimen de alquiler para que las usen sus trabajadores, pero cuya propiedad, mantenimiento, suministros y gestión de residuos recae sobre los fabricantes o proveedores.
- **PSS orientados a resultado:** el producto físico es prácticamente sustituido por un servicio o resultado funcional. El cliente paga por el resultado que previamente han producido determinados productos, que son propiedad del proveedor. Dentro de esta categoría están englobados los servicios de impresión a gran escala, dedicados en su mayoría al marketing y al sector editorial, en el que las empresas ofrecen a sus clientes servicios de impresión centralizados en base a las características del producto deseado.

La empresa Xerox<sup>96</sup>, por ejemplo, ofrece PSS orientados al producto y al uso, a través del desarrollo de software que permiten la impresión a distancia y del servicio de fotocopiadoras de pago por fotocopia, en el que el proveedor es el encargado del arrendamiento de las fotocopiadoras, mantenimiento, venta de papel y tóner, gestión de documentos y datos, etc.; mientras que el usuario paga por fotocopia un precio fijo.

Los PSS pueden ser una herramienta para la reducción del impacto ambiental en la fase de fabricación y fin de vida. Esto es así porque la implementación de estos sistemas supone la reducción de productos fabricados, optimizando su Ciclo de Vida y el de los materiales empleados, así como la adopción de nuevas tecnologías más eficientes minimizando el consumo de recursos y la generación potenciales residuos. Por otro lado, las medidas de los PSS aplicadas en la fase de uso, basadas en el me-

<sup>95</sup> García Sáez, E., Capuz Rizo, S. (2015). *19th International Congress on Project Management and Engineering*, Granada.

<sup>96</sup> <https://www.xerox.es/es-es/oficina/software-de-impresion#printmanagement>

nor consumo de productos secundarios por unidad de servicio también implican una reducción del impacto ambiental<sup>97</sup>.

En cuanto a los costes asociados a los PSS, en la bibliografía consultada (Beuren *et al.*, 2013)<sup>97</sup> se han desarrollado análisis de costes en los que se ha podido apreciar una disminución de costes para el usuario con respecto a la adquisición de un producto. Sin embargo, no se han podido obtener conclusiones claras en el ámbito de la impresión basadas en precios reales, debido a que estos varían según el tipo y la frecuencia de uso de los dispositivos domésticos y de las necesidades de los usuarios.

En cualquier caso, pese a que en los ACCV realizados en el presente trabajo se han centrado exclusivamente en la fase de uso ni incluyen consumos muy relevantes para el usuario, como la energía eléctrica del dispositivo o el gasto de papel, solo hay que detenerse a analizar que el coste más acusado de estos dispositivos es, con mucha diferencia, los cartuchos de tinta (véanse [apartados 5.2](#) y [7.2](#)) para corroborar las afirmaciones de dichos estudios. Visto desde la perspectiva del coste total durante la fase de uso a lo largo de su vida útil, los cartuchos de tinta elevan el coste del dispositivo a unas cantidades que muy pocos usuarios estarían dispuestos a pagar si fueran conscientes de ello, puesto que existen alternativas más económicas si los volúmenes de impresión requeridos no son elevados.

Actualmente en España estas alternativas se materializan con la existencia de diversos servicios de reprografía en papelerías, centros de impresión e incluso copisterías online, que ofrecen servicios de impresión a usuarios con precios fijos que varían en función del producto solicitado. También es habitual encontrar, en centros educativos o bibliotecas, impresoras profesionales de uso común, en las que los usuarios introducen el importe necesario en función del producto deseado, favoreciendo que un mayor número de personas pueden utilizar el mismo producto pagando menos por este<sup>98</sup>.

Además, entre las ventajas que presenta el cambio de la adquisición de bienes frente a los sistemas de servitización encontramos que son una buena alternativa encaminada hacia la sostenibilidad, ya que pueden contribuir a la disminución de los recursos consumidos y del volumen de residuos generados, a un ahorro económico y a una mayor satisfacción de las necesidades del usuario. En cuanto a los actores implicados se aprecian las siguientes ventajas:

- Ventajas para el cliente:

<sup>97</sup> Vezzoli, C.; Kothala C.; Srinivasan, A. (2014). *Product-Service System Design for Sustainability*. Sheffield: Greenleaf Publishing Limited.

<sup>98</sup> Beuren, F.; Gomes, M. & Cauchick, M. (2013). *Product-service systems: a literature review on integrated products and services*. Journal of Cleaner Production, 47, 222-231.

- El cliente percibe una mejora de la calidad de los productos y servicios adquiridos, al aumentar la oferta de servicios es posible la creación de nuevos puestos de trabajo.
- Ventajas para la empresa:
  - Mayor fidelidad y confianza del consumidor a largo plazo.
  - Reducción de costes y recursos proporcionando un aumento de la rentabilidad, mediante el desarrollo de productos reutilizados en combinación con distintos servicios.
  - Desarrollo de la innovación mediante la monitorización de productos y servicios, mejorando la competitividad.
- Ventajas medioambientales:
  - La principal ventaja es la reducción en el consumo de materias primas a través de usos alternativos del producto.
  - Una menor dependencia de electrodomésticos lo que implica una reducción de los residuos eléctricos y electrónicos.
  - Mayor vida útil permite obtener beneficios por su uso durante más tiempo. La empresa se encarga de las reparaciones por lo que no existe la posibilidad de obsolescencia, en ninguna de sus formas.
  - Promueve estrategias de Ecodiseño para aumentar la durabilidad. La propia empresa se encargará de invertir en la durabilidad del producto ya que sus beneficios no están asociados a una venta sino a un pago por servicio. Cuanto más dure el producto y menos reparaciones requiera, más beneficio.

## 10. Propuesta de evaluación de criterios de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad

Paralelamente al presente trabajo, el IHOBE ha desarrollado una propuesta metodológica para identificar criterios cuantificables que permitan realizar una evaluación de los aspectos de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad para diferentes AEE<sup>85</sup>. En base a esta metodología y a la información bibliográfica recopilada, se ha planteado una primera propuesta a modo de guía sobre la evaluación de criterios que afectan a los aspectos del diseño en base a la durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad de una impresora multifunción de inyección de tinta doméstica.

Dado el alcance y objetivo del presente estudio, esta metodología no se ha analizado ni definido de forma completa, por lo que se recomendaría profundizar con nuevos estudios en este sentido. Es importante recordar que se trata de una primera aproximación, por lo que en ningún caso se debe tomar como un listado cerrado. Además, pueden presentarse aspectos de diseño que no sean independientes unos de otros, es decir, que puedan ser positivos para la durabilidad, por ejemplo, pero que afecten de forma negativa a reciclabilidad o reparabilidad.

## 10.1. Evaluación de la durabilidad del producto

La cuantificación de la durabilidad del equipo se podría realizar según la norma de referencia (UNE-EN 45552:2021<sup>99</sup> Método general para la evaluación de la durabilidad de los productos relacionados con la energía), de acuerdo a métodos acelerados o modelos de daño apropiados.

Como se ha comentado, la complejidad de realizar dicho estudio siguiendo la norma y métodos indicados, y debido a las limitaciones de este estudio, en este apartado se hará una primera aproximación a la evaluación de la durabilidad/fiabilidad del producto, centrado en el análisis de los aspectos de diseño que pueden alargar la durabilidad del equipo y los posibles criterios para evaluar la misma.

### 10.1.1. Aspectos de diseño que pueden aumentar la durabilidad

Con el fin de analizar los aspectos de diseño que pueden aumentar la durabilidad del equipo se ha desarrollado, a partir de diferentes fuentes bibliográficas, la **Tabla 42**. Esta tabla resume los diferentes aspectos considerados. La valoración de esa afectación se escala en tres niveles: Alta, media o baja afectación del aspecto sobre la durabilidad, hay que tener en cuenta que un aspecto que mejore la durabilidad puede afectar negativamente otros aspectos, como reciclabilidad o reparabilidad.

Entre las fuentes bibliográficas e iniciativas consultadas (recogidas en el [apartado 3.4](#)) para establecer los aspectos tratados, se encuentra un reciente proyecto europeo (C-SERVEES<sup>100</sup>, aún en desarrollo) que cobra gran relevancia para el presente informe. En él se proponen diferentes estrategias de ecodiseño orientadas a diseñadores y fabricantes de aparatos eléctricos y electrónicos, con el fin de contribuir positivamente a la economía circular en este sector y que estos productos mejoren su comportamiento ambiental.

<sup>99</sup> UNE-EN 45552:2021. *Método general para la evaluación de la durabilidad de los productos relacionados con la energía*. Disponible en: <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-45552-2021-n0065602>

<sup>100</sup> Proyecto europeo C-SERVEES (Disponible en: <https://eesproject.eu/index.php>), que analiza aspectos de circularidad de varios productos, entre ellos impresoras profesionales.

**Tabla 42. Aspectos de diseño que pueden mejorar la durabilidad del dispositivo.**  
**Fuente: elaboración propia e IHOBE.**

Nivel	Aspectos de diseño	Valoración			Comentarios
		Alta	Media	Baja	
Componente	Mayor capacidad de rehabilitación/ sustitución de los componentes con mayor tasa de fallo. (Chorros de tinta bloqueados, malas conexiones eléctricas, motores, etc.)	X			La mayor facilidad de rehabilitación/ sustitución de los componentes se puede conseguir la facilitando su acceso y desmontaje, disponiendo de partes de recambios y facilitando información al respecto.
Componente	Mejora de la fiabilidad de los componente con mayor desgaste o tasa de fallo, mejorando el diseño o los materiales empleados (motores, carcasa estructural, inyector, fusores etc.)		X		Este aspecto reduciría el número de reparaciones, pero podría incrementar el precio de los componentes.
Componente	Mayores especificaciones técnicas sobre las partes plásticas (resistencia al impacto, calentamiento, abrasión, etc.) o diseño estructural más robusto (mayor espesor, distribución, etc.)		X		La fiabilidad de las partes plásticas que sufren mayor desgaste (cierres, bisagras, etc.) puede mejorarse mediante el empleo de plásticos más técnicos o mediante aditivos a los mismos (carga, etc.). Sin embargo, esto puede reducir el potencial de reciclabilidad de dichos plásticos. También es importante que las uniones plásticas sean resistentes al desgaste y a las operaciones de montaje/desmontaje, aumentando su resistencia estructural.
Componente	Incluir sensores de temperatura, vibración, líquidos, etc. Que detecten desviaciones en estos parámetros claves y puedan actuar reduciendo el riesgo de daño sobre el equipo.	X			El objetivo es alertar sobre dichas desviaciones y poder actuar antes de que produzcan daño sobre los componentes del equipo.
Componente	Cartuchos estandarizados		X		La durabilidad de la impresora muchas veces se ve afectada por el uso de consumibles no originales, reacondicionados o que a pesar de ser de la misma marca que la impresora no corresponden con las características del modelo. El desarrollo de impresoras y cartuchos estandarizados y compatibles incrementaría la durabilidad del dispositivo, sin embargo, podría suponer un aumento del precio de los mismos. Los dispositivos no deben estar diseñados para impedir el uso de cartuchos, recipientes de tinta remanufacturados.

Nivel	Aspectos de diseño	Valoración			Comentarios
		Alta	Media	Baja	
Componente	Estandarización de componentes	X			Mediante la estandarización de componentes se pretende incrementar las tasas de reparación y reacondicionamiento, facilitando el acceso de los técnicos y operarios a los componentes y piezas clave, incrementando su disponibilidad en el mercado. Esta práctica pretende disminuir el precio de los componentes y de las operaciones de reparación.
Componente	Disponibilidad de componentes			X	La tecnología de impresión 3D puede ser una alternativa para algunas piezas de productos necesarias en operaciones de reacondicionamiento o como opciones de personalización. Esta práctica pretende aumentar el precio de los componentes y de las operaciones de reparación, aún se encuentra en proceso de prueba <sup>91</sup> .
Componente	Mejora de la estanqueidad de las partes del equipo que pueden verse afectadas por la humedad, contacto con líquidos, acumulación de polvo o exposición a la luz solar.		X		Mantener la impresora cubierta con una funda cuando no se utilice para evitar la filtración o acumulación de polvo ambiental en el dispositivo.
Usuario	Mayor información al usuario sobre condiciones de uso.	X			La durabilidad de la impresora de inyección de tinta está influenciada por las condiciones de uso y del mantenimiento del equipo. El usuario debe estar bien informado de las operaciones a evitar (impresión de imágenes a color en impresoras no específicas para ello, etc.) y de las operaciones de mantenimiento que debe realizar, (imprimir al menos una vez al mes unos pocos caracteres usando todos los colores.)
Usuario	Mayor información al usuario sobre los consumibles compatibles con el dispositivo.	X			La durabilidad de la impresora de inyección de tinta está influenciada por las características de su dispositivo en cuanto el tipo de consumible requerido. El usuario debe estar bien informado sobre el tipo de consumibles compatibles con el dispositivo sean o no de la misma marca, las actuaciones de limpieza o mantenimiento de los mismos. Además, debe evitar el uso de consumibles no homologados.
Usuario	Mayor información al usuario sobre actualizaciones del Firmware		X		Fomentar el uso de apps que faciliten información sobre el dispositivo (prestaciones de actualizaciones, nivel de tinta, necesidad de limpieza, etc.) y ayuden al usuario en la toma de decisiones ante la instalación de actualizaciones del firmware, evitando las actualizaciones automáticas.
Usuario	Evitar sobretensiones		X		Desenchufar la impresora cuando no esté en uso, puesto que el 92 % de la electricidad se consume en modo de espera o apagado, mientras que el uso real del dispositivo representa solo el 8 % de la electricidad consumida.

### 10.1.2. Posibles criterios de evaluación de la durabilidad

En este apartado se hace una recopilación de los criterios que podrían fijarse para evaluar los aspectos de durabilidad que contribuyen en alargar la vida útil de una impresora multifunción de inyección de tinta doméstica. Esta recopilación se realiza en base a referencias bibliográficas y resultados de los apartados anteriores (**Tabla 43**).

Se han clasificado los criterios en función del tipo de aspecto que cubren, se trata de una primera propuesta, con el objetivo de indicar el tipo de criterios y la forma de valoración que se podría emplear, por lo que no pretende ser una lista exhaustiva cerrada, no todos los criterios tienen la misma relevancia de cara a la durabilidad del producto. Por ello, se propone consultar datos reales contrastados con el sector con el fin de consensuar una ponderación de cada criterio obteniendo un valor único que represente la durabilidad potencial del producto.

Existe un proyecto en Francia, dirigido por ADEME, para desarrollar un índice de durabilidad para diferentes tipos de productos. Existe un estudio preparatorio (julio 2021)<sup>101</sup>, que indica una planificación para 2024. La gran duda es la forma en la que se compatibilizará este índice con el índice ya existente de reparabilidad, ya que se consideran en algunos casos criterios similares (una propuesta del IHOBE es integrar el índice de reparabilidad en el de durabilidad).

---

<sup>101</sup> ADEME, In Extenso Innovation Croissance (Benoît TINETTI, Marion JOVER, Chloé DEVAUZE, Mariane, IGHILAHIRIZ), Fraunhofer IZM (Anton BERWALD), 2021. Preparatory study for the introduction of a durability index. 180 pgs.

**Tabla 43. Primera propuesta de criterios de valoración de aspectos de diseños basados en durabilidad.**  
**Fuente: elaboración propia e IHOB.**

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Vida útil de ciclos evaluados de forma estándar						Sería el criterio definitivo para clasificar la durabilidad de los equipos, pero se requiere un método estándar para evaluar dicha durabilidad en impresoras y un ranquin del mercado para poder puntuar (distribución del mercado respecto al número de horas de uso).
Años de garantía del dispositivo	3 años	4 años	5 años	6 años	>6 años	El cumplimiento de la normativa (2 años) sería el valor mínimo. Se incrementaría la puntuación un punto por año adicional <sup>50</sup> .
Disponibilidad y accesibilidad a un contador de uso (por ejemplo número de copias o impresiones realizadas)	Disponible, pero no accesible para el usuario.		Disponible, pero difícilmente accesible para el usuario.		Disponible, y fácilmente accesible para el usuario	Se valora la disponibilidad de esta información sobre el número de copias o impresiones realizadas por la impresora porque puede favorecer a su reutilización o a su remanufactura.
Disponibilidad y accesibilidad de forma gratuita o a un precio no discriminatorio a las actualizaciones del firmware.	6 años	7 años	8 años	9 años	>9 años	Cumplimiento del Acuerdo Voluntario de la industria de la impresión <sup>57</sup> (5 años) tras la comercialización sería el valor mínimo exigible. Se incrementaría la puntuación un punto por año adicional.
Tipo de sujeciones empleadas en las piezas con mayor probabilidad de fallo (piezas de recambio)		Retirable pero no reutilizable		Retirable y reutilizable		Retirable: Sujeción que se puede retirar sin causar daño a la pieza. Reutilizable: Sujeción que puede retirarse y que puede volver a emplearse en la fase de re-ensamblado. Se puede especificar por cada tipo de pieza que se considere relevante. Definición basada en norma UNE EN 45554:2020.

## 10.2. Evaluación de la reparabilidad del producto

Al igual que en la evaluación de la durabilidad, la evaluación de la reparabilidad del producto, se puede realizar según la norma de referencia **UNE-EN 45554:2020** (*Métodos generales para la evaluación de la capacidad de reparación, reutilización y actualización de productos relacionados con la energía*). Esta norma tiene un carácter general, y define los aspectos generales a cubrir para productos relacionados con la energía. Los respectivos comités técnicos, en caso de ser necesario, deberán desarrollar y concretar la misma para ciertas familias de productos. A fecha de hoy, no se ha desarrollado la norma para ningún producto específico.

Como se ha comentado, realizar dicho estudio siguiendo la norma y métodos indicados es muy complejo debido a las limitaciones existentes. Es por ello que en el presente apartado se hará una primera aproximación a la evaluación de la reparabilidad del producto, centrado en el análisis de los aspectos de diseño.

### 10.2.1. Aspectos de diseño que pueden aumentar la reparabilidad

En la **Tabla 44** se han resumido los posibles aspectos de diseño que pueden aumentar la reparabilidad del dispositivo recopilados a partir de diferentes fuentes bibliográficas. La valoración se escala en tres niveles: Alta, media o baja afectación del aspecto sobre la reparabilidad.

Esta valoración no pretende ser una lista exhaustiva de aspectos de diseño, sino un listado de ejemplos de posibles aspectos que pueden ser relevantes. Así mismo, los aspectos de diseño no tienen por qué ser independientes unos de otros, y pueden estar relacionados: un aspecto que mejore la reparabilidad puede afectar negativamente otros aspectos, como durabilidad o reciclabilidad.

**Tabla 44. Aspectos de diseño que pueden mejorar la reparabilidad del dispositivo.**  
**Fuente: elaboración propia e IHOB.**

Nivel	Aspectos de diseño	Valoración			Comentarios
		Alta	Medio	Baja	
Equipo	Facilitar el diagnóstico del equipo ante un fallo, facilitando el acceso a los puntos de diagnóstico, haciéndolos visibles, y facilitando su uso (software/hardware disponible) y comprensión (mensajes de error, etc.)	X			El primer paso para la reparación es identificar el fallo ocurrido y el componente afectado. Cuanto más fácil y directo sea ese diagnóstico, más potencial de reparabilidad del equipo.
Equipo	Disponibilidad de información sobre cómo realizar el diagnóstico y la reparación del equipo, incluyendo manuales, esquemas eléctricos, ubicación piezas, secuencia de desmontaje, herramientas necesarias, etc.		X		Cuanta mayor información sobre el diagnóstico y reparación esté disponible para un mayor número de actores, mayor probabilidad de reparación del equipo. Sin embargo, se deben considerar aspectos como pro-piedad industrial, periodos de garantía, posibles daños adicionales al equipo, etc.
Usuario	Manual digital (acceso mediante QR) de desmontaje del equipo <sup>100</sup> .	X			Un manual de desmantelamiento digital ayudaría a los recicladores a ser más eficientes mientras desmantelan los productos y recuperan las piezas para venderlas a los fabricantes de equipos originales. Y las instrucciones de desmontaje podrían estar vinculadas a dicho código QR en el producto.
Componente	Mayor accesibilidad a los componentes con mayor tasa de fallo (juntas de las puertas, bisagras, tiradores, etc.), evitando acoples de piezas y estructuras	X			Se facilitará la reparación/sustitución de los componentes si se facilita su acceso y desmontaje, sin causar daños al equipo y no dificultando el reensamblado posterior. Además, la posibilidad de acceder a fallos en piezas que no se encuentren acopladas a estructuras también aumentaría la capacidad de reparación del equipo.
Componente	Empleo de uniones que sean fácilmente identificables y accesibles, y que permitan su separación sin afectar el equipo. Siempre que sea posible deben poderse reutilizar en el proceso de reensamblado de la pieza de recambio.		X		Durante el proceso de reparación se ha de facilitar el desmontaje y posterior montaje de la pieza a substituir, empleando uniones accesibles y duraderas.
Componente	Diseño que facilite el empleo de herramientas básicas o sin herramientas durante el proceso de reparación.		X		El empleo de herramientas básicas durante el proceso de reparación facilitará que un mayor número de personas pueda realizar dicha reparación.
Componente	Disponibilidad de piezas de recambio, durante suficiente tiempo, fácilmente accesibles, a un precio razonable y con cortos periodos de entrega.	X			La reparación no se llevará a cabo si es difícil conseguir piezas de recambio. Por ello es importante que los fabricantes faciliten el acceso a las mismas.
Componente	Empleo de tecnología de impresión en 3D para la obtención de piezas de repuesto <sup>100</sup> .		X		La tecnología de impresión 3D puede ser una alternativa (aunque costosa) para algunas piezas de repuestos necesarias en operaciones de reacondicionamiento o como opciones de personalización.

### 10.2.2. Posibles criterios de evaluación de la reparabilidad

En este apartado se hace una recopilación de los criterios que podrían fijarse para evaluar los aspectos de reparabilidad que contribuyen en alargar la vida útil de una impresora multifunción de inyección de tinta doméstica. Dichos criterios, reflejados en la **Tabla 45**, se han clasificado según el aspecto que cubren y se basan en los criterios indicados en la norma UNE EN 45554, en el Índice de Reparabilidad francés<sup>102</sup> (tomando como referencia los criterios análogos a los descritos en el trabajo de obsolescencia de lavadoras<sup>85</sup>), en referencias bibliográficas y en la información y resultados de los apartados anteriores.

De nuevo, cabe destacar que se trata de una primera propuesta, con el objetivo de indicar el tipo de criterios y la forma de valoración que se podría emplear, por lo que no pretende ser una lista ni exhaustiva ni cerrada. No todos los criterios tienen la misma relevancia de cara a la reparabilidad del producto, por lo que se propone consultar datos reales contrastados con el sector, permitiendo consensuar la ponderación de cada criterio, obteniendo un valor único que represente la reparabilidad potencial del producto. Esta puntuación única puede ajustarse a la realidad del mercado, y así poder clasificar los productos en diferentes categorías según el criterio de reparabilidad.

---

<sup>102</sup> <https://www.indicereparabilite.fr/>

**Tabla 45. Primera propuesta de valoración de aspectos de diseño basados en la reparabilidad.**  
**Fuente: elaboración propia e IHOBE.**

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Tipos de herramientas	Pieza desmontable con herramientas básicas		Pieza desmontable con herramientas suministradas con el producto o recambio		Pieza desmontable sin herramienta	Analiza el tipo de herramientas necesarias para realizar las operaciones de reparación del equipo, analizando las piezas a substituir. Se puede especificar por cada tipo de pieza que se considere relevante. Definición basada en norma UNE EN 45554:2020.
Apoyo de diagnóstico e interfaces. Identificación del fallo y acciones a realizar.	El diagnóstico emplea una interfaz exclusiva del fabricante, no disponible públicamente	El diagnóstico emplea una interfaz de hardware/software disponible bajo canon	El diagnóstico emplea una interfaz de hardware/software disponible públicamente de forma gratuita	El diagnóstico emplea una interfaz codificada con tabla de referencia pública (código de luces, código alfanumérico, etc.)	El diagnóstico emplea una interfaz intuitiva, con texto explicativo, que no requiere referencias adicionales, ni software de apoyo	Se considera que cuanto mayor información pueda extraerse de la interfaz de diagnóstico, y más claros sean los mensajes, mayor posibilidad de que se realice la reparación del equipo.
Perfil de las personas que tienen acceso a dichas partes de recambio.	Pieza accesible a los perfiles indicados en el Reglamento, pero sin necesidad de registro autorizado		Pieza accesible a otros perfiles no contemplados en el Reglamento, pero con necesidad de registro autorizado		Pieza accesible a otros perfiles no contemplados en el Reglamento, sin necesidad de registro autorizado	Puede fomentar la reparabilidad el hecho de hacer accesibles las piezas de recambio a los diferentes perfiles y con menores restricciones de acceso.
Disponibilidad de piezas de recambio de partes críticas.	11 años	12 años	13 años	14 años	>14 años	El cumplimiento de la normativa (10 años) sería el valor mínimo exigible. Se incrementaría un punto por cada año adicional <sup>50</sup> .
Plazo de entrega o suministro de las piezas de recambio.	15 días > X ≥ 13 días	13 días > X ≥ 11 días	11 días > X ≥ 9 días	9 días > X ≥ 7 días	X < 7 días	El cumplimiento de la normativa (15 días hábiles después de la recepción del pedido) sería el valor mínimo. Se incrementaría un punto por cada dos días que se reduzca el tiempo de recepción <sup>50</sup> .
Perfil de las personas con acceso a la información sobre reparación y mantenimiento.	Reparadores profesionales autorizados, de forma gratuita	Reparadores profesionales con canon	Reparadores profesionales de forma gratuita	Público en general con canon	Público en general forma gratuita	El acceso de la información únicamente a los reparadores profesionales autorizados, con posibilidad de un canon razonable sería el valor mínimo. Se incrementaría este valor a medida que se disminuyen los requisitos para acceder a dicha información.
Acceso al software de diagnóstico.	Reparadores profesionales autorizados		Reparadores profesionales		Público en general	La facilidad de diagnóstico facilitaría la reparación. Por ello se valora la disponibilidad del software de diagnóstico y la información asociada al modo de uso, etc.
Acceso a la información sobre el error ocurrido y forma de solucionarlo, por parte del usuario.	Información a través de códigos luminicos		Información a través de códigos de texto		Información a través de texto	La información de cara al usuario sobre el error ocurrido es vital para que pueda iniciar el proceso de reparación. Se asignarán más puntos a medida que dicha información sea más inteligible e interpretable. El manual debe indicar claramente qué significan cada código y las acciones a realizar en cada caso.

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Acceso a los puntos de diagnóstico.	Existentes, pero con difícil acceso		Accesibles, pero no identificados		Accesibles y claramente identificados	El acceso e identificación de los puntos de diagnóstico facilitará la reparación del equipo.
Tipo de asistencia técnica para el usuario.	Información remota vía web, lista de FAQs, etc.		Asistencia remota para el diagnóstico (hotline, chat, aplicación, diagrama de decisión, etc.)		Soporte remoto para la reparación (hotline, control remoto, videoconferencia, etc.)	La asistencia remota puede facilitar la reparabilidad del equipo por parte del usuario. Se definen tres niveles de asistencia: información, diagnóstico y reparación.
Posibilidad de reseteo del software.	Reparadores profesionales autorizados, con acceso restringido a la información de cómo realizarlo		Reparadores profesionales, con acceso público a la información de cómo realizarlo		Consumidor, con acceso público a la información de cómo realizarlo y de forma directa en el equipo.	El reseteo a las condiciones de fábrica puede resolver algunos problemas de software y firmware. Se valora la posibilidad de realizarlo por parte de diferentes actores. Para ello se debe proporcionar también la información necesaria de cómo realizar el reseteo.
Facilidad de desmontaje piezas con mayor probabilidad de fallo (piezas de recambio).	$19 > DD_i \geq 15$	$15 > DD_i \geq 11$	$11 > DD_i \geq 7$	$7 > DD_i \geq 3$	$DD_i < 3$	Analiza el número de etapas requeridas (DDI) para retirar una parte de un producto sin dañarlo. Se deben fijar las partes prioritarias en que se debe aplicar este criterio. Se debe definir claramente qué se entiende por paso (según norma) y cuáles son los valores normales en el mercado para cada pieza. Los valores indicados pueden servir de referencia y se basan en el índice de reparabilidad francés.
Tipo de herramientas necesarias para desmontar las piezas con mayor probabilidad de fallo (piezas de recambio).	Empleo de herramientas exclusivas (adquisición restringida)		Empleo de herramientas específicas		No requiere herramientas o con herramientas básicas o suministradas	En este caso se evaluaría el tipo de herramienta necesaria para realizar el cambio de pieza. Se puede separar por cada tipo de pieza que se considere relevante. Definición basada en norma UNE EN 45554:2020 <sup>103</sup> .
Tipo de sujeciones empleadas en las piezas con mayor probabilidad de fallo (piezas de recambio).		Retirable <sup>104</sup> pero no reutilizable		Retirable y reutilizable		Analiza la reversibilidad y la reusabilidad de las sujeciones empleadas en el equipo, y que son necesarias deshacer para la reparación o reutilización del equipo. Otro aspecto posible a considerar sería el número, la visibilidad y la accesibilidad de dichas sujeciones.
Periodo de acceso a la información sobre reparación y mantenimiento.	11 años	12 años	13 años	14 años	> 14 años	El cumplimiento de la normativa (10 años) sería el valor mínimo exigible. Se incrementaría un punto por cada año adicional <sup>60</sup> .

<sup>103</sup> Métodos generales para la evaluación de la capacidad de reparación, reutilización y actualización de productos relacionados con la energía. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0064909>

<sup>104</sup> Entendiéndose por retirable: sujeción que se puede retirar sin causar daño a la pieza. Y por reutilizable: sujeción que puede retirarse y que puede volver a emplearse en la fase de reensamblado.

### 10.3. Evaluación de la reciclabilidad del producto

Para este último aspecto, el IHOBE recomienda que la evaluación de la reciclabilidad del producto se base en las indicaciones de la norma: **UNE-EN 45555:2020**- Métodos generales para la evaluación de la reciclabilidad de los productos relacionados con la energía.

Como las normas anteriores, expuestas en la evaluación de los criterios de durabilidad y reparabilidad, esta norma tiene un carácter general, y define los aspectos generales a cubrir para productos relacionados con la energía. Los respectivos comités técnicos, en caso de ser necesario, deberán desarrollar y concretar la misma para ciertas familias de productos. A fecha de hoy, no se ha desarrollado la norma para ningún producto específico.

De la misma manera que para los aspectos anteriores, la complejidad de realizar un estudio completo basado en la norma indicada, y debido a las limitaciones de este estudio, no permiten desarrollar esta metodología, para la cual sería necesaria la colaboración del sector.

Por lo tanto, como para el resto de aspectos, se trata de una primera aproximación de cómo se podría enfocar una valoración del aspecto de reciclabilidad de una impresora. Se debe considerar como una primera reflexión, basada en fuentes bibliográficas, y en ningún caso se debe considerar como definitiva o exhaustiva, ya que se debería contrastar con el mercado y con los fabricantes.

#### 10.3.1. Aspectos de diseño que pueden aumentar la reciclabilidad

En este apartado se realiza un primer análisis de los diferentes aspectos del diseño del producto que pueden afectar al escenario de fin de vida indicado. En la **Tabla 46** se han resumido los posibles aspectos de diseño que pueden aumentar la reciclabilidad del dispositivo recopilados a partir de diferentes fuentes bibliográficas. La valoración se escala en tres niveles: Alta, media o baja afectación del aspecto sobre la reparabilidad.

La valoración propuesta no pretende ser una lista exhaustiva de aspectos de diseño, sino un listado de ejemplos de posibles aspectos que pueden ser relevantes. Así mismo, los aspectos de diseño no tienen por qué ser independientes unos de otros, y pueden estar relacionados: un aspecto que mejore la reciclabilidad puede afectar negativamente otros aspectos, como durabilidad o reparabilidad.

**Tabla 46. Primera propuesta de criterios de valoración de aspectos de diseño basados en la reciclabilidad.**  
**Fuente: elaboración propia e IHOB.**

Aspecto de diseño	Valoración		Comentarios
	Alta	Baja	
Capacidad de identificación y retirada de componentes que tienen que separarse durante el proceso de desmontaje (por ejemplo, circuitos impresos, pantallas, cables, tinta, etc.).	X		Se debería suministrar información clara sobre los componentes que deben separarse durante el proceso de desmontaje de la impresora (ubicación, forma de acceso, herramientas necesarias, etc.). Debe facilitarse el acceso a dichas partes y su desmontaje (uniones, etc.).
Capacidad de desmontaje correcto del aparato mediante manuales.	X		Por ejemplo, mediante manuales digitales <sup>105</sup> (acceso mediante QR) de desmontaje del equipo, que permite identificar los materiales mediante un código QR. Un manual de desmantelamiento digital ayudaría a los recicladores a ser más eficientes mientras desmantelan los productos ya que las instrucciones estarían vinculadas a ese código QR en el producto y se podrían recuperar las piezas para venderlas a los fabricantes de equipos originales. Otro ejemplo podrían ser los manuales de la Plataforma I4R <sup>105</sup> .
Capacidad de acceder y retirar las partes valiosas para el reciclado, que requieren un desmontaje selectivo de acuerdo con el escenario de fin de vida (motores, circuitería eléctrica, etc.).	X		Se debería suministrar información clara sobre los componentes que deben separarse de forma selectiva dado su valor para el reciclado (ubicación, forma de acceso, herramientas necesarias, cantidad de material, tipo, etc.). Debe facilitarse el acceso a dichas partes y su desmontaje (uniones, etc.). Por ejemplo, se pueden emplear códigos de colores que ayude a identificar piezas las valiosas del equipo.
Capacidad de deshacer uniones para separar materiales compatibles con el proceso de reciclado considerado.		X	El desmontaje manual inicial está centrado en la recuperación de metales, con el mayor peso y pureza posible. Se debería analizar si existe la posibilidad de recuperar en esta etapa partes plásticas de gran peso, que podrían reciclarse fácilmente, y si las fracciones recuperadas son de materiales compatibles para el reciclado conjunto.
Uso de materiales compatibles con los procesos de reciclado en caso de combinación de materiales no separables.		X	Las fracciones metálicas obtenidas con el escenario de fin de vida propuesto presentará cierta mezcla de materiales. Parte de ellos se perderán en los procesos posteriores de fundición, etc., dependiendo del material objetivo (acero, cobre, etc.). Por ello, es importante mejorar en lo posible la eficiencia de los procesos de separación, para obtener las fracciones más puras posibles. Las fracciones plásticas irán mezcladas, y serán de difícil reciclado al final del proceso. Por ello, la importancia en este escenario de separar previamente aquellas partes plástica de gran peso y baja contaminación. Por otra parte, se debería intentar emplear el mismo tipo de plástico, y si esto no es posible, plásticos de diferente densidad que puedan separarse por flotación. En general, el plástico objetivo sería el PP.
Capacidad de acceder y retirar partes que contengan Materias Primas Fundamentales o Materiales Críticos.		X	Se considera que los materiales críticos se concentran principalmente en los circuitos impresos y en los componentes electrónicos de los mismos. Por ello, el proceso de descontaminación previo puede favorecer esa separación selectiva y una mayor tasa de reciclado si se tratan de forma separada. Se debería suministrar información al reciclador de la ubicación y cantidad estimada de dichas materias en el producto, para facilitar su reciclado (rentabilidad económica, etc.).
Capacidad de acceder y retirar partes que reducen la reciclabilidad de acuerdo al escenario de fin de vida indicado.		X	Las partes que pueden contener sustancias peligrosas y que pueden dificultar el reciclado serían los plásticos y los circuitos impresos, que contengan retardantes de llama bromados. Estos materiales se deberían separar en el proceso de descontaminación del producto, y evitar así la contaminación de otras fracciones. Se debería suministrar información al reciclador sobre la ubicación de dichas partes, y como realizar su extracción.

<sup>105</sup> <https://i4r-platform.eu/>

### 10.3.2. Posibles criterios de evaluación de la reciclabilidad

En este caso, el mejor criterio de evaluación sería el propio cálculo del índice de reciclabilidad/valorizabilidad siguiendo la norma UNE-EN-45555 propuesto por el IHOBE en el informe de lavadoras<sup>85</sup>.

Sin embargo, no es posible realizar este índice de reciclabilidad/valorizabilidad global del equipo basado en la norma ya que sería necesario contar con datos de mercado y del propio sector y se necesitaría un análisis detallado de mercado y ver la situación de dichos índices en los productos existentes, lo que supera el alcance del presente proyecto.

Contando ya con el cálculo a modo demostrativo para el caso Base de lavadoras<sup>85</sup>, y continuando con el proceder para la valoración de los anteriores aspectos, en la tabla siguiente (**Tabla 47**) se proponen unos criterios adicionales basados en referencias bibliográficas y en los resultados de los apartados anteriores, y se indica también una primera propuesta de escala de valores (del 1 al 5). Igualmente se debe entender que es una primera propuesta, con el objetivo de indicar el tipo de criterios y la forma de valoración que se podría emplear. No pretende ser una lista exhaustiva cerrada.

Por otra parte, no todos los criterios tienen la misma relevancia de cara a la reciclabilidad del producto. Por ello se propone consensuar una ponderación de cada criterio para obtener finalmente un valor único que represente el potencial de reciclabilidad del producto. Esta puntuación única también tendría que ajustarse a la realidad del mercado, y así poder clasificar los productos en diferentes categorías según el criterio.

**Tabla 47. Propuesta de criterios de valoración de la reciclabilidad.**  
Fuente: elaboración propia e IHOBE.

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Capacidad de identificación de componentes que tienen que separarse durante el proceso de descontaminación	Capacidad de identificación sólo de los componentes que tienen que separarse durante el proceso de descontaminación según la normativa				Alta capacidad de identificación de todos los componentes o materiales	Según el Reglamento se deberá velar por que las impresoras estén diseñadas de manera tal que se puedan extraer de ellas los materiales y componentes a que se refiere el anexo VII de la Directiva 2012/19/UE empleando herramientas corrientes (traspuesto en anexo XIII del Real Decreto 110/2015). El cumplimiento de la norma sería el valor mínimo. Se debería suministrar información clara sobre los componentes que deben separarse durante el proceso de desmontaje de la impresora (ubicación, forma de acceso, herramientas necesarias, etc.). Debe facilitarse el acceso a dichas partes y su fácil desmontaje (uniones, etc.).
Facilidad de desmontaje de piezas	$19 > DDi \geq 15$	$15 > DDi \geq 11$	$11 > DDi \geq 7$	$7 > DDi \geq 3$	$DDi < 3$	En este caso se evaluaría el número de pasos de desmontaje (DDi) para cada pieza que pueda ser reciclada/valorizada. Se debe definir claramente qué se entiende por paso (según norma) y cuáles son los valores normales en el mercado para cada pieza. Los valores indicados pueden servir de referencia y se han basado en el índice de reparabilidad francés.
Tipo de herramientas necesarias para extraer los materiales y componentes	Se pueden extraer sólo los componentes indicados en el RD con herramientas básicas o sin herramientas				Se pueden extraer todos los componentes con herramientas básicas o sin herramientas	Se analizará si se pueden extraer los materiales y componentes a que se refiere el anexo XIII del RD 110/2015 <sup>5</sup> aplicables a impresoras. El cumplimiento de la norma sería la mínima puntuación.

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Capacidad de identificación de componentes especialmente valiosos para el reciclado y que requieren un desmontaje selectivo de acuerdo con el escenario de fin de vida (parte eléctrica y electrónica, bandejas de vidrio, partes plásticas y revestimiento, compresor evaporador, condensador, tubos refrigerantes, etc.)	Existe información pero no es clara				Información clara y accesible a través de códigos de colores o QR	Analizar si existe una información clara sobre los componentes que deben separarse de forma selectiva dado su valor para el reciclado (ubicación, forma de acceso, herramientas necesarias, cantidad de material, tipo, etc.). Debe facilitarse el acceso a dichas partes y su desmontaje (uniones, etc.). Marcado de tipo de plástico.
Tipo de sujeciones empleadas en las piezas		Retirable pero poco reciclables			Fácilmente retirables y reciclables	Se puede especificar por cada tipo de pieza que se considere relevante para su valorización. Se debería analizar si existe la posibilidad de recuperar fácilmente las partes valiosas para el reciclado.
Separación de partes que contienen materias primas fundamentales o críticas						Se debería suministrar información al reciclador de la ubicación y cantidad estimada de dichas materias en el producto, para facilitar su reciclado (distribución y concentración, rentabilidad económica, etc.).
Separación de materiales según su potencial de reciclabilidad		Materiales mezclados pero de fácil separación (por diferente densidad, etc.)			Materiales fácilmente separables en fracciones	Analizar si los materiales son fácilmente separables en fracciones para su reciclado (fracciones metálicas, fracciones plásticas, etc.). Analizar la compatibilidad de materiales no separables (por ejemplo, plásticos de diferente densidad que puedan separarse por flotación).

## 11. Conclusiones

### Limitaciones para la elaboración del estudio

En primer lugar, es fundamental recordar que los resultados en este tipo de estudios están condicionados al origen y fiabilidad de los datos y las fuentes de información utilizadas. Como la ausencia de información técnica y de mercado relativa al sector de la impresión de inyección de tinta es clara, el estudio se considera predominantemente teórico.

Por tanto, la información aquí presentada proviene fundamentalmente de fuentes bibliográficas públicas (estudios científicos, publicaciones específicas, pruebas de los productos, etc.), búsquedas en la web o páginas dedicadas y de la experiencia y conocimiento en la materia del equipo redactor. Esta limitación ha supuesto que este estudio ilustre una metodología de evaluación comparativa que, si bien se podría aplicar en casos reales si se dispusiese de la información fidedigna, en este caso se trata como un ejemplo hipotético con dos impresoras ficticias. Los resultados de este estudio son, por tanto, consecuencia de la metodología seguida.

Así mismo, y específicamente para la comparativa del comportamiento económico-ambiental entre productos de a corto (caso base) y largo plazo (caso mejorado), es necesario incidir nuevamente en los siguientes aspectos sobre los resultados o la interpretación de los mismos:

- Limitaciones propias del sistema, alcance e hipótesis planteadas en el estudio y, en especial, las asociadas al uso de fuentes bibliográficas en lugar de datos verídicos de los actores implicados del sector.
- Al tratarse de un estudio comparativo los aspectos similares para ambos productos no están cubiertos en los ACV y ACCV realizados (por ejemplo, consumo energético, papel, etc.), limitando la comparativa existente con otros estudios similares del mismo producto.
- Pueden existir otros aspectos de diseño estratégico que alarguen la vida útil del producto (durabilidad, reparabilidad o reciclabilidad) no contemplados en el presente estudio con efectos significativos en el alargamiento de su vida útil.
- Las propuestas de diseño estratégicas propuestas en el producto del caso Mejorado no se han contrastado con el sector, desconociéndose la capacidad de implementación real (y sus consecuencias sobre otros aspectos), y se ha estimado el grado de beneficio que aportan relacionándolo directamente con el incremento de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad del producto. Existe la posibilidad de que dichas mejoras no conduzcan directamente al aumento de vida útil esperado o a los beneficios económicos o ambientales resultantes en el caso Mejorado o que, por el contrario, resulten desfavorables en última instancia.

De cara a futuros trabajos similares, se recomienda encarecidamente contar la colaboración de los siguientes actores de la cadena de valor del producto considerado:

- 1) Fabricantes originales de equipos de impresión y de cartuchos (OEM) y de plantas de ensamblado y manufactura de los mismos.
- 2) Laboratorios de pruebas especializados.
- 3) Distribuidores (importadores, transportistas, mayoristas, minoristas, etc.).
- 4) Asociaciones de consumidores.
- 5) Tiendas de reparación.
- 6) SRAP, recogedores, recicladores y plantas de tratamiento de RAEE.

### *Conclusiones del Estudio pormenorizado de una impresora doméstica*

En la primera parte del presente informe se realizó, por un lado, una exhaustiva búsqueda de información publicada acerca del producto a tratar, y, por otro, un análisis sobre las principales causas de obsolescencia en impresoras y los problemas más importantes que existen a la hora de repararlas hoy en día.

Según la información consultada la vida útil media de estos dispositivos domésticos es de entre 3 y 5 años. Sin embargo, si durante este periodo no se siguen las recomendaciones de uso, la vida útil del dispositivo puede verse reducida hasta en un 20%, por lo que la información sobre las especificaciones técnicas del producto y demás características es clave para el consumidor en el momento de adquisición del equipo.

Los fallos que más comúnmente presentan las impresoras se pueden dividir en aquellos de tipo físico, como roturas de elementos de las tapas y bisagras de la carcasa y de la bandeja de papel, sobrecalentamiento de componentes internos del dispositivo, obstrucción de inyectores con restos de tinta, etc. (muchos de ellos asociados a fatiga y desgaste de materiales de calidad justa); y en fallos asociados a software o firmware anexo a la impresora, que pueden llegar a «bloquear» el dispositivo en determinadas situaciones.

El estudio también ha incorporado información relativa a los cartuchos de tinta que, pese a ser un elemento independiente a la impresora, normalmente guarda una estrecha relación con varias de las problemáticas identificadas asociadas a obsolescencia. De hecho, en numerosas fuentes consultadas se relaciona directamente las causas de obsolescencia funcional y económica en impresoras con los componentes más relacionados con los cartuchos e incluso con los propios cartuchos. La problemática más acusada a este respecto es el mencionado «bloqueo de la impresora» por el empleo de cartuchos fraudulentos o distintos a los originales del fabricante, la saturación de las almohadillas de tinta, el elevado coste económico de los recambios, etc.

A pesar de los numerosos fallos detectados en estos dispositivos, las impresoras presentan un escaso porcentaje de reparaciones principalmente a causa de los constantes cambios en el diseño de los productos y la elevada tasa de actualización tecnológica de los mismos, la dificultad de acceso a piezas de repuesto o a la información técnica por parte de los propios técnicos de reparación, y a la no estandarización de las piezas a sustituir. En ocasiones las reparaciones implican costes económicos de entre el 50 y el 75 % del precio que se pagó por comprar inicialmente el dispositivo, haciendo casi más económico para el consumidor adquirir uno nuevo. Todo ello representa un caso claro de obsolescencia funcional, económica y psicológica.

Algunas de las propuestas de mejora pasan por el empleo de las pautas ya establecidas por las ecoetiquetas más reconocidas en la materia, como pueden ser rediseñar considerando la reparación y la reciclabilidad, aumentar la eficiencia energética de los equipos, suprimir las incompatibilidades entre diferentes marcas o modelos de un mismo producto de las piezas y los cartuchos, o facilitar el acceso o mejorar la información sobre el dispositivo, entre otros.

### Conclusiones de la comparativa entre el caso Base y el caso Mejorado

Desde punto de vista ambiental y económico resulta recomendable alargar la vida útil del dispositivo analizado, enfatizando que las mejoras estratégicas de diseño propuestas aumentan efectivamente la durabilidad, la reparabilidad y la reciclabilidad del equipo presentado.

Si bien las limitaciones comentadas dificultan la posibilidad de realizar una comparativa sólida con otros estudios, los resultados de los ACV presentan concordancia con los de otras publicaciones pese a su antigüedad (Ord & DiCorcia, 2005<sup>81</sup>; Grzesik, 2012<sup>80</sup>), como la coincidencia en que la fabricación es la fase de mayor impacto ambiental del Ciclo de Vida de una impresora y en que, dentro de esta, son los componentes electrónicos los de mayor impacto de entre todos los elementos, pese a su bajo peso dentro del total de los materiales constituyentes. Esto pone de manifiesto que problemáticas ambientales identificadas desde hace una década siguen estando presentes sin que hayan sido correctamente abordadas integralmente en la cadena de valor, lo cual no refleja, por ejemplo, avances reales en materia de ecodiseño.

La contraposición de los resultados obtenidos para el caso Base y el caso Mejorado permiten comprobar como la prolongación de la vida útil de una impresora en tan solo 2 años tiene un impacto positivo sobre el medio en todas las fases (salvo en la fase de Fin de Vida por lo comentado en el respectivo apartado). Sin embargo, se debe tener en cuenta que se trata de un estudio teórico y bibliográfico con un alcance, hipótesis y suposiciones de cálculo predefinidas que no han contado, en muchos casos, con información real ni de mercado de los actores implicados del sector. Sirva este trabajo como ejemplo ilustrativo de una posible metodología de evaluación comparativa

entre productos con distinta vida útil que se podría aplicarse en modelos reales si se dispusiese de la pertinente información.

En cuanto a los resultados de los ACCV, pese a que no se cuenta con otros trabajos de referencia con los que contrastar los resultados que aborden exclusivamente las fases de uso y Fin de Vida, este estudio confirma que alargar la vida útil de un producto supone un ahorro en los costes considerados, especialmente desde la óptica del consumidor.

La afirmación anterior se encuentra en línea a lo expuesto en el estudio publicado por la Agencia de Transición Ecológica Francesa (ADEME)<sup>101</sup> en el que, a través de la evaluación de equipos y bienes de consumo cotidianos, ha demostrado en la gran mayoría de los casos el beneficio que supone la prolongación de la vida útil de los productos es siempre económicamente más ventajoso para el consumidor que sustituir los equipos.

Esta misma conclusión se alcanza en el estudio de Boulos *et al.* (2015)<sup>106</sup> sobre la durabilidad de los productos, afirmando que el producto más duradero suele suponer un coste de Ciclo de Vida inferior (desde el punto de vista del consumidor) respecto a la opción «estándar» o menos duradera, debido en gran medida a que se evita la compra del dispositivo de sustitución cuando se alcanza el fin de vida útil del primero. Si bien es cierto que cuando el precio de compra es bajo y la electricidad cara (lo que se puede considerar el caso actual de las impresoras) es posible que la opción estándar resulte más barata, pero con márgenes pequeños (inferiores al 6 %). En cualquier caso, si se tiene en cuenta el gasto de consumibles de las impresoras durante su fase de uso, como hace el presente estudio, no se produce tal hecho.

### Conclusiones de la propuesta de evaluación de criterios de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad

En la última parte del informe, se ha realizado una primera propuesta de identificación de los aspectos de diseño que más impacto tendrían en la durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad un AEE, adaptado a impresoras, así como una evaluación de los mismos, con el objetivo de definir una futura clasificación para este tipo de aparatos.

Para cada uno de los aspectos, se ha propuesto una valoración de impacto como alto, medio o bajo, diferenciando también si se trataba de aspectos relacionados con

---

<sup>106</sup> Boulos, S., Sousanoglou, A., Evans, L., Lee, J., King, N. C., Facheris, C., Donelli, M. assisted by Ricardo-AEA (2015). *The durability of products: Standard assessment for the circular economy under the Eco-Innovation Action Plan*. Ricardo-AEA in cooperation with Intertek and Istituto di Management, Scuola Superiore Sant'Anna, commissioned by the European Commission, DG Environment; Los resultados de este estudio se recogen en los capítulos 7 (Task 3) y 10 (Task 5) del informe final del estudio de revisión preparatoria de la normativa vigente sobre diseño ecológico y etiqueta energética para los aparatos de refrigeración domésticos de la Comisión Europea.

el equipo, los componentes o el usuario. Seguidamente, se ha expuesto una evaluación más específica dependiendo del criterio a valorar, estableciendo valores de 1 (peor valoración) a 5 (mejor valoración) a cada uno.

El método se ha realizado en base a la normativa disponible, a información bibliográfica, al informe de obsolescencia de lavadoras elaborado por este equipo en colaboración con el IHOBE, a los conocimientos del equipo redactor y al Acuerdo Voluntario de la Industria para mejorar el Rendimiento Ambiental de Equipos de Impresión en el Mercado Europeo, que establece un conjunto de objetivos a cumplir por los fabricantes de equipos de impresión para todos los productos vendidos en el mercado de la UE.

De entre la normativa empleada, algunos de los valores que se proponen provienen del Real Decreto-ley 7/2021. Sin embargo, esta ley adolece de generalista, pretendiendo englobar a productos muy dispares entre sí en cuanto a complejidad o con Ciclos de Vida muy distintos bajo los mismos criterios. Esto choca contra la realidad de los dispositivos abordados en este trabajo, puesto que el Ciclo de Vida de las impresoras, concebidas para durar entre 3 y 5 años es muy inferior a, por ejemplo, la obligación genérica de mantener repuestos durante 10 años desde el momento que se deja de fabricar.

Con todo ello se debe considerar este trabajo como un estudio preliminar de análisis de la viabilidad del método. En caso de que se considere profundizar en el mismo, se recomienda, nuevamente, contar con datos reales de mercado y hacer partícipes a los actores involucrados en la cadena de valor del dispositivo analizado.



## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Análisis del Ciclo de Vida (ACV):** herramienta para evaluar el impacto medioambiental asociado a la totalidad de la vida útil de un producto, desde el procesamiento de las materias primas a la fabricación y el uso, hasta llegar al final de la vida útil.

**Análisis de Costes del Ciclo de Vida (ACCV):** herramienta para evaluar el impacto económico asociado a la totalidad de la vida útil de un producto, desde el procesamiento de las materias primas a la fabricación y el uso, hasta llegar al final de la vida útil.

**Ciclo de Vida:** etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema de productos, desde la adquisición o generación de materias primas a partir de recursos naturales hasta su disposición final.

**Copiadora o fotocopiadora:** un producto para la impresión de imágenes disponible en el comercio cuya única función es la producción de duplicados en papel a partir de originales impresos; la unidad debe poder alimentarse a partir de la red eléctrica o de una conexión de datos o red.

**Durabilidad:** la capacidad de una parte o de un producto para realizar su función requerida, bajo las condiciones normales de uso, mantenimiento y reparación definidas hasta que se alcance un estado limitante. Se puede expresar en unidades adecuadas al producto, como por ejemplo, tiempo de uso o ciclos operativos. Estas unidades deben estar siempre bien definidas.

**Duplexación automática:** capacidad de una copiadora, máquina de fax, dispositivo multifunción o impresora para producir imágenes en ambos lados de una hoja de salida, sin la manipulación manual de la salida como paso intermedio. Se considera que un producto tiene capacidad de impresión dúplex automática solo si todos los accesorios necesarios para producir una salida dúplex se incluyen con el producto en el momento de la compra/envío.

**Escáner:** producto cuya función principal es convertir originales en papel en imágenes electrónicas que se pueden almacenar, editar, convertir o transmitir, principalmente en un entorno informático personal.

**Equipo multifunción:** un producto para la impresión de imágenes disponible en el comercio que consiste en un dispositivo físicamente integrado o una combinación de dispositivos integrados funcionalmente con dos o más funciones de copia, impresión, escaneado o fax; la unidad debe poder alimentarse a partir de la red eléctrica o de una conexión de datos o red y la función de copia es distinta de la copia ocasional de una hoja ofrecida por los faxes.

**Equipo monofunción:** un producto para la impresión de imágenes disponible en el comercio que consiste en un dispositivo con una función única, ya sea impresión, copia, escaneado o fax; la unidad debe poder alimentarse a partir de la red eléctrica o de una conexión de datos o red.

**Equipo de red:** el equipo que puede conectarse a una red y cuenta con uno o más puertos de red. Un puerto de red es una interfaz física inalámbrica o alámbrica para conexión a la red situada en el equipo y a través de la cual se puede activar y funcionar a distancia el equipo.

**Fiabilidad:** probabilidad de que una parte o un producto funcione de la manera necesaria bajo unas condiciones previamente determinadas, incluyendo el mantenimiento, durante una duración específica sin un acontecimiento limitante.

**Firmware:** un programa informático que establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo de cualquier tipo. Está fuertemente integrado con la electrónica del dispositivo: es el software que tiene directa interacción con el hardware, siendo así el encargado de controlarlo para ejecutar correctamente las instrucciones externas.

**Impacto ambiental:** cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.

**Impresora:** un producto para la impresión de imágenes disponible en el comercio que funciona como dispositivo de salida en papel y puede recibir datos procedentes de ordenadores de un solo usuario o en red; la unidad debe poder alimentarse a partir de la red eléctrica o de una conexión de datos o red.

**Inyección de tinta:** una tecnología de marcado caracterizada por la deposición de colorante en pequeñas gotas directamente en el medio de impresión de forma matricial. A los efectos de esta especificación, los dispositivos a color ofrecen dos o más colorantes únicos a la vez, mientras que los productos monocromáticos ofrecen un colorante a la vez.

**Obsolescencia programada:** determinación o programación del fin de la vida útil de un producto tras un período de tiempo calculado durante la fase de diseño del mismo.

**Unidad funcional:** rendimiento cuantificado de un sistema de producto para su uso como unidad de referencia.

**Reciclabilidad:** capacidad de un producto de ser reciclado.

**Reciclado:** toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad, incluida la transformación del material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles o para operaciones de relleno.

**Recambio:** todo componente intercambiable que se mantiene en un inventario y se emplea para la reparación o sustitución de componentes averiados.

**Reparabilidad:** capacidad de restablecer la funcionalidad de un producto tras la aparición de un fallo.

**Reutilización:** cualquier operación mediante la cual productos o componentes que no sean residuos se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos.

**Valorización:** toda operación de valorización distinta de la valorización energética y de la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles u otros medios de generar energía. Incluye, entre otras operaciones, la preparación para la reutilización, el reciclado y el relleno.



## ANEXO I: VERIFICATION OF RESOURCE EFFICIENCY AND INFORMATION REQUIREMENTS

Anexo II (pgs. 45 a 60) del Acuerdo Voluntario de la Industria para mejorar el rendimiento ambiental de equipos de impresión en el mercado europeo [Versión 3]. Borrador FY20 versión 5. Abril 2021<sup>27</sup>.

Section	Requirement	Means of Verification
7.1	Availability of N-up Printing.	Reference to availability found within user manual, printing guide, product specification or equivalent
7.2.1 a)	Plastic parts >100 g shall be manually separable into recyclable plastic streams with Commonly Available Tools.	<p>Copy of a relevant GEN member Type Eco label product certificate, e.g. a Blue Angel DE-UZ 205/DE-UZ 219 Office Equipment with Printing Function Basic Criteria product certificate.</p> <p>Alternatively, provision of relevant instructions on how to dismantle the Product such that plastic parts &gt;100g are manually separable. For example, a recycling manual that includes a procedure related to disassembly by hand.</p>
7.2.1 b)	Product shall utilize Commonly Used Fasteners for joining components, subassemblies, chassis and enclosures.	<p>Copy of a relevant GEN member Type Eco label product certificate, e.g. a Blue Angel DE-UZ 205/DE-UZ 219 Office Equipment with Printing Function Basic Criteria product certificate.</p> <p>Alternatively, product disassembly information/instructions or equivalent (e.g. service manuals), as might be prepared and submitted to show product compliance with IEEE 1680.2, the IEEE1 Standard for Environmental Assessment of Imaging Equipment.</p>
7.2.1 c)	Non-separable connections between different materials shall be avoided unless they are technically or legally required.	<p>Copy of a relevant GEN member Type Eco label product certificate, e.g. a Blue Angel DE-UZ 205/DE-UZ 219 Office Equipment with Printing Function Basic Criteria product certificate.</p> <p>Alternatively, product disassembly information/instructions or equivalent (e.g. service manuals), as might be prepared and submitted to show product compliance with IEEE 1680.2, the IEEE1 Standard for Environmental Assessment of Imaging Equipment.</p>

Section	Requirement	Means of Verification
7.2.1 d)	Product plastics shall be marked by material type (ISO 11469 referring ISO 1043, resin identification code, SPI, DIN, or country specific). Marking requirement does not apply to plastic parts weighing less than 25 g or with surface area less than 50 cm <sup>2</sup> ; tape; plastic protective and stretch wraps and labels; or plastic pieces when marking is not possible due to shape. Plastic parts contained in Reused Complex Assemblies are exempted.	<p>Copy of a relevant GEN member Type Eco label product certificate, e.g. a Blue Angel DE-UZ 205/DE-UZ 219 Office Equipment with Printing Function Basic Criteria product certificate.</p> <p>Alternatively, provision of Signatory policy/guidance document detailing marking requirements by material type and spanning basic polymer in the part, flame retardant material used, filler or reinforcement used to fabricate the part, and plasticiser used.</p>
7.3.1	<p>OEM Signatories shall ensure that joining, fastening or sealing techniques do not prevent access to the following components (when present) in a non-destructive extraction method, and that the extraction method can be carried out using non-proprietary and Commonly Available Tools:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Batteries</li> <li>b) Printed circuit boards greater than 10 cm<sup>2</sup></li> <li>c) Ink and toner Cartridges and containers</li> <li>d) Plastic containing brominated flame retardants</li> <li>e) Electronic displays greater than 100 cm<sup>2</sup></li> <li>f) External electric cables</li> <li>g) Electrolyte capacitors containing substances of concern (height &gt; 25 mm, diameter &gt; 25 mm or proportionately similar volume).</li> </ul>	<p>Copy of a relevant GEN member Type Eco label product certificate, e.g. a Blue Angel DE-UZ 205/DE-UZ 219 Office Equipment with Printing Function Basic Criteria product certificate.</p> <p>Alternatively, product disassembly information/instructions or equivalent (e.g. service manuals).</p>
7.3.2	Accessing such components shall be facilitated by OEM Signatories documenting the sequence of dismantling operations needed to access the targeted components, i.e. each of these operations, the type and the number of joining, fastening and sealing techniques(s) to be unlocked, and tool(s) required. Dismantling instructions will be made available to third parties upon request.	<p>Copy of a relevant GEN member Type Eco label product certificate, e.g. a Blue Angel DE-UZ 205/DE-UZ 219 Office Equipment with Printing Function Basic Criteria product certificate.</p> <p>Receipt of the Signatory's documented sequence (dismantling instructions) relating to all necessary dismantling operations.</p>

Section	Requirement	Means of Verification
7.4.2	<p>[From 18 months after VA endorsement]</p> <p>7.4.2. Except where Section 7.4.6 below applies, for Product models first Placed on the Market after the date referred to in 7.4.1, OEM Signatories shall make available the Spare Parts listed in (a) – (o) below for such Products and relevant repair information:</p> <p>(i) for a minimum period of five years after manufacturing the last unit of the model in relation to new remanufactured Product models;</p> <p>(ii) for a minimum period of seven years after manufacturing the last unit of the model in relation to new Product models not covered by (i).</p> <p>OEM Signatories shall ensure that these Spare Parts can be replaced with the use of Commonly Available Tools and without permanent damage to the appliance.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Hard disc drives (HDD)</li> <li>b) Solid state drives (SSD)</li> <li>c) Print heads</li> <li>d) Laser unit</li> <li>e) Fuser unit</li> <li>f) Drum unit</li> <li>g) Transfer belts</li> <li>h) Roller kits</li> <li>i) Internal power supplies</li> <li>j) Control circuit boards</li> <li>k) External power supplies</li> <li>l) Control panels including electronic displays</li> <li>m) Toner collection unit</li> <li>n) Ink collection unit</li> <li>o) Power cords and cables</li> </ul>	<p>Link to where spare parts and relevant repair information are available online.</p> <p>Provision of relevant repair information that would be made available.</p>
7.4.3	<p>Applicable Spare Parts for a Product, the procedure(s) for ordering Spare Parts, and the relevant repair information shall be easily identifiable and publicly available on the free access website(s) of the Signatories, at the latest two years after the Placing on the Market of the first unit of a model and until the end of the period of availability of these Spare Parts.</p>	<p>Link to where the relevant repair information is available online, which is to be public (meaning no log in is required) and free access.</p>
7.4.4	<p>For the above Spare Parts, replacement instructions are to be made available either online via manufacturer's freely accessible websites or in the Product manual or provided with the Spare Parts.</p>	<p>Provision of replacement instructions, whether through link to relevant webpage(s) or through receipt of manual/documentation provided with Spare Parts.</p>

Section	Requirement	Means of Verification
7.4.5	<p>7.4.5.1 The OEM Signatories shall ensure the delivery of Spare Parts within 15 working days of completion of the OEM's standard order processing procedures.</p> <p>7.4.5.2 In the event that the relevant OEM Signatory is unable to comply in whole or part with Clause 7.4.5.1 above due to an event of Force Majeure, that OEM Signatory shall instead comply as soon as reasonably practicable.</p>	Provision of Signatory policy/guidance document that identifies a standard shipment method intended to deliver parts within the specified timeframe.
7.4.6	<p>7.4.6. For Product models first Placed on the Market after the date referred to in 7.4.1. for Product price-points nominally &lt;EUR 300 (as of 2021) OEM Signatories may either:</p> <p>7.4.6.1 make available Spare Parts in accordance with Section 7.4.2 or,</p> <p>7.4.6.2 operate a whole unit exchange service model using reused/refurbished parts or Products taking into account availability of returned units capable of repair and their condition during the sales period of the Product and for a minimum period of five years after the last unit of a model is Placed on the Market.</p>	Evidence of operation of whole unit exchange service, e.g. corporate policy documents in support of this service, relevant online information, etc.
7.4.7	<p>7.4.7. For Products in a whole unit exchange service model OEM Signatories shall make available at least the following Spare Parts, for a minimum period of three years after the last unit of a model is Placed on the Market:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) External power supplies</li> <li>b) Power cords and cables</li> <li>c) Except where designed to never need replacement, ink collection units.</li> </ul>	Link to where spare parts are available online.
7.5.1	<p>7.5.1 For Products models first Placed on the Market after the date referred to in 7.4.1. firmware for a model shall be made available for a minimum period of five years after the Placing on the Market of the last unit of the relevant Product model, free of charge or at a fair, transparent and non-discriminatory cost.</p>	Provision of Signatory policy/guidance document demonstrating standard time period for provision of firmware.

Section	Requirement	Means of Verification
7.5.2	7.5.2 From VA Endorsement the OEM Signatories shall not Place on the Market Products designed to be able to detect they are being tested (e.g. by recognising the test conditions or test cycle) and to react specifically by automatically altering their performance during the test with the aim of reaching a more favourable level for any of the parameters declared by the OEM Signatory to the Independent Inspector or included in any of the documentation provided.	Signatory to provide a letter declaring compliance to 5.6.2 for the product subject to compliance verification.
7.5.3	From VA endorsement a software update shall never have the effect of changing the Product's performance such that it no longer meets the requirements of the Voluntary Agreement.	An ENERGY STAR v3.0 test report where the product was tested with the "newest version of the manufacturer's default driver available at the time of testing", as specified in the ENERGY STAR v3.0 test method [section 6.1, A, 1), b)] and achieved a PASS.
7.6.1	[For TEC Products only] In order to limit the variety of materials used, plastic casing parts with a mass greater than 100 g shall consist of one single polymer or a polymer blend.	Copy of a relevant GEN member Type Eco label product certificate, e.g. a Blue Angel RAL-UZ 205 Office Equipment with Printing Function Basic Criteria product certificate.  Alternatively, provision of a Product material list that correlates all materials in use and specifies where certain materials are used in housings, with the exact polymer or polymer blend in use detailed. Provision of supporting mass calculations that are directly relatable to the material listing.
7.6.3	[For TEC Products only] All plastic casing parts shall only consist of up to four separable polymers or polymer blends.	Copy of a relevant GEN member Type Eco label product certificate, e.g. a Blue Angel RAL-UZ 205 Office Equipment with Printing Function Basic Criteria product certificate.  Alternatively, a bill of materials or similar document which identifies the polymers used in casing parts.

Section	Requirement	Means of Verification
7.6.4	[For TEC Products only] Large-sized casing parts shall be designed in a way that the contained plastics can be used for the Production of high-quality durable Products by applying available recycling techniques.	Copy of a relevant GEN member Type Eco label product certificate, e.g. a Blue Angel RAL-UZ 205 Office Equipment with Printing Function Basic Criteria product certificate.  Alternatively, provision of internal environmental/quality check list, or similar document/declaration, that reflects this requirement with corresponding evidence (e.g. from design team and/or production) that it has been considered and fulfilled.
7.6.5	[For TEC Products only] The use of coatings for special parts is to be reduced to a minimum, unless it can be demonstrated that it does not alter recyclability. Galvanic coatings on plastic parts are not permissible.	Copy of a relevant GEN member Type Eco label product certificate, e.g. a Blue Angel RAL-UZ 205 Office Equipment with Printing Function Basic Criteria product certificate.  Alternatively, a bill of materials or similar document which denotes presence or absence of coatings.
7.7.1	For all Products Signatories shall make information available to Customers on the minimum percentage of postconsumer recycled plastic content, calculated as a percentage of total plastic (by weight) in each Product.	Provision of the information made available.
8.1	The up-to-date list of qualified Products, according to the requirements set out in Section 5 – 8 of this Voluntary Agreement, together with additional information on how these Products were tested (e.g. parameters and results) will be published on the EuroVAprint website in the format shown in Annex G. The initial list of Products currently made available on the market and corresponding information will be posted on the EuroVAprint website after the compliance report for the period from VA Endorsement to 31 December 2022 has been finalized by the Independent Inspector. For new models introduced after that date, information will be added within two months of when the Product is Placed on the Market. All data will be published in an appropriate searchable and downloadable electronic format, such as a spreadsheet or other open-source document format.	Link to webpage on EVAP website.

Section	Requirement	Means of Verification
8.2	In relation to Products, OEM Signatories' user instructions and/or freely accessible websites shall include information facilitating access to professional repair (internet webpages, addresses, contact details).	Evidence of this information featuring in user instructions and/or on a manufacturer's website.
8.3.1	OEM Signatories shall achieve this through at least one of the following methods: a) A pop-up screen on the End-Users' computer during the initial installation of software (preferred); b) A CD or publicly available website; c) An insertion sheet provided in/on the box of the Product; d) An information sheet to be provided at the time of sale of the Product.	Evidence that resource efficiency information is disseminated through at least one of these methods (e.g. Signatory shares copy of an insertion sheet, information sheet, etc.).
8.3.3	The following information shall be provided as a minimum where applicable: a) Information that recycled as well as virgin paper certified under environmental stewardship initiatives, or carrying recognised ecolabels, may be suitable providing that it meets appropriate quality standards as defined, for example, in EN 12281 on "Printing and business paper for dry toner imaging processes" for papers in the range 75-250 g/m <sup>2</sup> . For specific applications, the lower boundary may be chosen at 64 g/m <sup>2</sup> . i. For Electro Photography Printers: indication that these can print on 64 g/m <sup>2</sup> paper and that this paper contains less raw material per print, thus saving significant resources. ii. Energy can be saved by purchasing ENERGY STAR <sup>®</sup> qualified Products. iii. Description of the benefits of printing in duplex mode (for TEC Products having a duplex function). iv. The environmental benefits of power management. v. The environmental benefits of safe and appropriate collection for recycling. b) The information as described in Sections 6.4.3 (a) (i) to (v) shall be provided in the form of compact statements. c) Paper weight mentioned in the pop-up window (or alternatives as described above) shall be consistent with the paper weight specifications of the Product.	Evidence of inclusion of this information in one or more of the methods listed in a)-d) of 6.4.2.

Section	Requirement	Means of Verification
8.3.4	<p>OEM Signatories shall make available to End-Users information regarding recycled paper via website or other means. Example statements are listed below:</p> <p>a) Recycled paper promotes the circular economy with more recycling saving more natural resources.</p> <p>b) The use of wastepaper to produce recycled paper significantly reduces the amount of energy and water consumed compared to virgin fibre paper. In addition, the forest resources are conserved - an important contribution to biodiversity. Existing environmental savings can be enhanced in a simple and efficient manner.</p> <p>c) Modern recycled paper meets the highest quality requirements for different printing processes - appropriate standards guarantee this. The Products supplied by the Voluntary Agreement Signatories are suitable for using with recycled paper meeting the EN 12281:2002 standard.</p> <p>d) Regarding archiving - recycled paper meets all requirements for long-term storage.</p> <p>e) The use of recycled paper is a visible and credible sign of ecological, resource-efficient behaviour.</p>	<p>Evidence of statements a) to e) being published by the Signatory, either online or via another outlet (e.g. user manual, information sheet, etc.).</p>
8.3.5	<p>Signatories shall make information on the environmental performance of their Products available to Customers via freely accessible websites or user manuals. This should include as a minimum the mandatory information required in ECMA 370.</p>	<p>Evidence of this information existing online, also that this information is freely obtainable and public (i.e. does not require pre-registration and a log in to access).</p> <p>Alternatively, all expected information is found within a user manual. User manual is provided for review by the Independent Inspector.</p>

Section	Requirement	Means of Verification
9.1	<p>9.1 Signatories shall not design, or modify during remanufacturing, any Cartridge or Container to prevent:</p> <p>9.1.1 printing (including cartridge acceptance, calibration and, clean and align printheads, not blocking Data Collection Agents) in the Product for which it is intended with a Remanufactured Cartridge, Refilled Cartridge, Remanufactured Container or Refilled Container produced by any Supporting Signatory; and</p> <p>9.1.2 its recycling.</p>	<p>Declaration from OEM Signatory or Supporting Signatory in the annual compliance report.</p> <p>In relation to "not blocking DCAs" OEM complies if:</p> <p style="padding-left: 40px;">Both the OEM Cartridge or OEM Container and the Remanufactured Cartridge, Remanufactured Container, Refilled Cartridge or Refilled Container each using Original Electronic Circuitry work with the DCA;</p> <p style="padding-left: 40px;">Both the OEM Cartridge or OEM Container and the Remanufactured Cartridge, Remanufactured Container, Refilled Cartridge or Refilled Container each using Original Electronic Circuitry do not work with the DCA;</p> <p style="padding-left: 40px;">The OEM Cartridge or OEM Container does not work with the DCA and the Remanufactured Cartridge, Remanufactured Container, Refilled Cartridge or Refilled Container each using Original Electronic Circuitry does work with the DCA;</p> <p>and does not comply if:</p> <p style="padding-left: 40px;">The OEM Cartridge or OEM Container works with the DCA and the Remanufactured Cartridge, Remanufactured Container, Refilled Cartridge or Refilled Container each using Original Electronic Circuitry does not work with the DCA;</p>

Section	Requirement	Means of Verification
9.2	<p>9.2 Paragraph 9.1 shall not apply:</p> <p>9.2.1 to a Cartridge or Container supplied under a subscription or service model. Where this Paragraph 9.2.1 applies, the Signatory shall provide one of the following two solutions in relation to its Cartridges that Signatories collect in the EU and that cannot be remanufactured:</p> <p>9.2.1.1 The Signatory, its channel partner or a third party acting on their behalf shall take back (under certain conditions) from agreed Signatory location(s) in the EU and remanufacture or recycle the Cartridges. Signatories shall not include other Cartridges or other waste in the consignments; or</p> <p>9.2.1.2 The Signatory shall provide solutions through bilateral arrangements under Paragraph 9.5.4.1 or otherwise so that that the Cartridges can be remanufactured by Supporting Signatories for the production activities that fall within part (a) of the definition.</p> <p>9.2.1.3 the quantities of those Cartridges taken back by Signatories under Paragraph 9.2.1.1 and remanufactured by Supporting Signatories under Paragraph 9.2.1.2 shall be reported under the process set out in Paragraph 9.11 and Annex J.</p>	<p>Signatories to identify the business models or programs excluded by this section in the annual compliance report.</p> <p>9.2.1.3- quantities reported according to Annex J.</p>
9.3	<p>9.3 Neither the Product nor any OEM software or firmware updates for the Product shall be designed to prevent printing (including cartridge acceptance, calibration and, clean and align printheads) using:</p> <p>9.3.1 a Remanufactured Cartridge or Refilled Cartridge produced by a Supporting Signatory that functions using only Original Electronic Circuitry; or</p> <p>9.3.2 a Remanufactured or Refilled Container produced by a Supporting Signatory that functions using only Original Electronic Circuitry.</p>	<p>Declaration from OEM Signatory in the annual compliance report.</p>

Section	Requirement	Means of Verification
9.4	<p>Paragraph 9.3 shall not apply during the period for which the end user customer made a decision through a contract, terms and conditions, or printer features based on clearly presented information to use only OEM Cartridges or OEM Containers. Where this Paragraph 9.4 applies, the OEM Signatory shall provide a solution through bilateral arrangements under Paragraph 9.5.4 or otherwise to the Supporting Signatories in relation to its Products to make them accept Cartridges or Containers referred to in 9.3.1 and 9.3.2 after the contract period is finished,</p>	<p>OEM Signatories to identify the business models or programs excluded by this section in the annual compliance report.</p>

<p>9.5</p>	<p>9.5 Bilateral Arrangements</p> <p>9.5.1 Except where paragraphs 9.2 or 9.4 apply, or except where the elements listed in 9.5.1.1 to 9.5.1.3 below are available for both the OEM and Supporting Signatory cartridges, OEM Signatories commit to offer to Supporting Signatories for the production activities that fall within part (a) of the definition bilateral arrangements on commercially reasonable terms with a defined scope that provide the following elements for printing with Remanufactured Cartridges or Refilled Cartridges produced by the Supporting Signatory from collected OEM Cartridges that function using only Original Electronic Circuitry in OEM Signatory Products:</p> <p>9.5.1.1 a functioning ink or toner level gauge and/or approximate page count remaining if provided with the OEM Cartridge;</p> <p>9.5.1.2 single installation message without the use of inflammatory terminology; and</p> <p>9.5.1.3 that the functionality referred to in 9.5.1.1 and 9.5.1.2 supported by the OEM Signatory under Paragraph 9.5.1 bilateral arrangements is not impacted by OEM Signatory software or firmware updates.</p> <p>9.5.2 Each OEM Signatory has discretion to determine the mechanisms or solutions through which the elements set out in 9.5.1.1 to 9.5.1.3 are provided.</p> <p>9.5.3 The Signatories acknowledge that some OEM Signatories (currently Lexmark, Brother and Xerox) have invested in developing remanufacturing operations for their OEM Cartridges or OEM Containers, which will not limit, but would be recognised in bilateral discussions.</p> <p>9.5.4 Nothing in this Paragraph 9.5 is intended to prevent or restrict any OEM Signatory or Supporting Signatory from 9.5.4.1 agreeing to any other commercially reasonable terms in any bilateral arrangement beyond those set out in Paragraph 9.2.1.2 9.4 or Paragraph 9.5.1 either by adding to the bilateral arrangements referred to in Paragraph 9.5.1 or through separate bilateral arrangements; or</p>	<p>Under Paragraph 9.5.1 where an OEM Signatory makes offers of bilateral arrangements to Supporting Signatories or where the elements listed in 9.5.1.1 to 9.5.1.3 are available for both OEM and Supporting Signatory cartridges without a bilateral arrangement, the outcome can be one of the following:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evidence of a concluded bilateral arrangement between OEM Signatory and Supporting Signatory; or</li> <li>2. Statement of 'no interest' in a bilateral arrangement from a Supporting Signatory (evidence that an OEM Signatory requested a statement of "no interest" from a Supporting Signatory and did not receive a response within 1 month will constitute a statement of no interest for reporting purposes), or</li> <li>3. Evidence the OEM provides additional functionality such as ink/toner gauge display without the need for a confidential bilateral arrangement within the first reporting period; or</li> <li>4. No agreement reached.</li> </ol> <p>Bilateral arrangements are not required in cases 2 and 3 above. Each OEM Signatory shall conclude bilateral arrangements with at least 50% of Supporting Signatories to which cases 2 and 3 do not apply. The Steering Committee may appoint a sub-committee to review and consider amendments to the percentage threshold.</p> <p>Details of concluded arrangements, or the offer of such, are to remain confidential. In the annual compliance report the evidence above shall be anonymous.</p> <p>Information shall be published on a per OEM Signatory basis of the numbers of solutions under cases 1 – 3 above achieved without disclosing the names of the Signatories.</p> <p>[9.5.2 Not applicable.]</p>
------------	---	---

Section	Requirement	Means of Verification
	<p>9.5.4.2 entering into any bilateral arrangements with any legal entity that is not a Signatory.</p> <p>9.5.5 OEM Signatories and Supporting Signatories commit to negotiate bilateral arrangements under Paragraph 9.5 in good faith.</p> <p>9.5.6 Nothing in this Voluntary Agreement obliges any OEM Signatory or Supporting Signatory to divulge to any Signatory any competitively sensitive provision of any bilateral arrangement to which it is a party.</p>	
9.6	<p>9.6 Signatories or persons acting on their behalf shall offer a take back solution for Cartridges. The Signatories shall ensure that their own take back operations comply with all applicable waste transportation and management laws. Costs of take-back solutions are the responsibility of the person offering the take back program namely the relevant Signatory or person acting on its behalf.</p>	<p>Evidence of the existence of such a take back solution (e.g., url for the take back solution webpage, take back program brochure, etc.)</p>

Section	Requirement	Means of Verification
9.7	<p>9.7 Signatories shall:</p> <p>9.7.1 comply with applicable environmental, human health and product performance related EU legal requirements in relation to Cartridges and Containers in particular regarding the management of waste, and the following:</p> <p>9.7.1.1 WEEE Directive 2012/19/EU and Member State implementing legislation;</p> <p>9.7.1.2 RoHS Directive 2011/65/EU and Member State implementing legislation;</p> <p>9.7.1.3 EMC Directive 2014/30//EU and Member State implementing legislation;</p> <p>9.7.1.4 Packaging Directive 94/62/EC and Member State implementing legislation;</p> <p>9.7.1.5 Restrictions under Title VIII of REACH Regulation 1907/2006/EC;</p> <p>9.7.1.6 Registration of substances under Title II and information in the supply chain under Title IV of REACH Regulation 1907/2006/EC;</p> <p>9.7.1.7 Classification, Packaging and Labeling Regulation 1272/2008/EC; and</p> <p>9.7.1.8 POPs Regulation 2019/1021/EU.</p> <p>9.7.2 publish on a freely accessible website safety data sheets following the format and contents of Title IV of REACH Regulation 1907/2006/EC for the inks and toners they supply for use in Products. Where safety data sheets are not legally required under Title IV of REACH then the safety data sheets shall be published in at least one official EU language.</p>	<p>Declaration from the Signatory in the annual compliance report. (The Independent Inspector is not responsible for assuring Signatory compliance with EU regulatory requirements.)</p> <p>For item 9.7.2: Provision of url for SDS.</p>
9.8	<p>9.8 Signatories shall measure page yield for ink and toner Cartridges in accordance with the relevant ISO/IEC Standards where the use of those standards is appropriate. Signatories shall make ink and toner cartridge yield information calculated in accordance with the foregoing Standards available to Customers via freely accessible websites or in user manuals. This obligation shall not apply for Cartridges that are only supplied under business models where the end user customer pays for a service or on a per page basis.</p>	<p>Evidence of this information featuring in user manuals and/or on a manufacturer's freely accessible website.</p>

Section	Requirement	Means of Verification
9.9	<p>9.9.1 Nothing in this Voluntary Agreement shall be construed or applied so as to limit OEM Signatories' or Supporting Signatories' obligations to comply with the law relating to Intellectual Property or construed or applied to prevent OEM Signatories or Supporting Signatories from or to limit them in taking legal action to protect their Intellectual Property.</p> <p>9.9.2 Nothing in this Voluntary Agreement requires any Signatory to offer bilateral arrangements or access to the solutions otherwise offered under paragraph 9.5 above to Supporting Signatories who or whose linked enterprises (i) <del>that</del> do not respect or do not provide appropriate safeguards to respect the Intellectual Property of OEM Signatories, or (ii) avoid, circumvent, or undermine the sustainability goals pursued by the Voluntary Agreement.</p>	Not applicable.
9.11	<p>Each Signatory that makes available on the EU market OEM Cartridges, OEM Containers, Newbuild Cartridges or Newbuild Containers commits to targets to increase the reuse of ink and toner Cartridges and Containers as set out in Annex J and to report on progress towards those targets in each Annual Compliance Report. As further set out in Annex J, all Signatories commit to report data to the Independent Inspector for the purposes of calculating and reporting on progress towards achievement of those targets and to support development of a wider understanding of factors influencing reuse of ink and toner Cartridges and Containers and progress against other aspects of the policy set out in Article 4 of Directive 2008/98/EC ("Waste Hierarchy").</p>	Phase 1- Declaration from Signatory attesting to the provision of data according to Annex J.

Section	Requirement	Means of Verification
9.12	9.12 Signatories shall provide end-users with information on suitable remanufacturing & reuse, or end-of-life management options for used cartridges. This information may be communicated via a freely accessible company website or in the instructions for use.	Url to relevant webpage or provisions of documentation.

## ANEXO II: ÍNDICE DE CONTENIDO DE LA HOJA DE TRABAJO EXCEL ADJUNTA

CATEGORÍA	HOJA	TIPO	CONTENIDO
<b>CASO BASE</b>			
BOM	BOM_CB	Hoja de resultados	BOM de materiales para el caso Base
ACV_Simapro	ACV_Componentes_CB	Hoja resultados <i>Simapro</i>	Resultados del impacto generado en la fabricación del Caso Base
ACV_Simapro	ACV_FasesCV_CB	Hoja resultados <i>Simapro</i>	Resultados del impacto generado durante el ciclo de vida del Caso Base
CCV	LCC_CB	Hoja de resultados	Resultado del análisis del Coste de Vida de la impresora Caso Base
<b>RELACIÓN CASO BASE - MEJORADO</b>			
ACV	Relación_CB-CM	Hoja de consulta	Relación entre la vida útil del caso base y caso mejorado para llevar a cabo la comparativa
ACV	Mejoras_CBvsCM	Hoja de consulta	Relación de mejoras entre el caso base y caso mejorado.
<b>CASO MEJORADO:</b>			
BOM	BOM_CM	Hoja de resultados	BOM de materiales para el Caso Mejorado
ACV_Simapro	ACV_Componentes_CM	Hoja resultados <i>Simapro</i>	Resultados del impacto generado en la fabricación del Caso Mejorado
ACV_Simapro	ACV_FaseCV_CM	Hoja resultados <i>Simapro</i>	Resultados del impacto generado durante el ciclo de vida del Caso Mejorado
CCV	LCCV_CM	Hoja de resultados	Resultado del Análisis del Coste de Vida de la impresora Caso Mejorado
<b>COMPARATIVAS DE RESULTADOS</b>			
ACV	CV1,4_CB	Hoja resultados <i>Simapro</i>	Resultados del impacto generado durante el ciclo de vida de 1,4 productos del Caso Base
ACV	Comparativa_BOM_CB-vsCM	Hoja resultados <i>Simapro</i>	Resultados de la comparativa de impactos de ACV para una misma unidad funcional: entre el ACV de 1,4 productos de caso base y ACV del producto de caso mejorado.
ACV	Comprartiva_LCC	Hoja resultados <i>Simapro</i>	Resultados de la comparativa de impactos de ACV para una misma unidad funcional: entre el ACV de 1,4 productos de caso base y ACV del producto de caso mejorado.



**Economía  
Circular**  
Tus actos, tu huella.



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA  
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO  
PARÁ LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO