

Informe de obsolescencia de productos

Parte II: Informe de obsolescencia de un frigorífico

Estudio pormenorizado de un frigorífico

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 frigoríficos
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: 665-24-049-5
Gratuita / Unitaria / En línea / pdf



ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	11
ESTUDIO PORMENORIZADO DE UN FRIGORÍFICO	13
1. Introducción	13
2. Objetivo y alcance	14
3. Estudio pormenorizado del producto: frigorífico	14
3.1. Contexto	14
3.1.1. Justificación de la elección	14
3.1.2. Descripción	16
3.1.3. Tipos	25
3.2. Ciclo de vida medio esperado	27
3.3. Principales causas de la obsolescencia material, funcional, psicológica y económica del producto	36
3.4. Análisis sobre la reparabilidad de los frigoríficos: identificación de las dificultades más comunes para su reparación	39
3.4.1. Fallos más comunes en frigoríficos domésticos	44
3.4.2. Maquinaria o herramientas necesarias para la reparación	48
3.4.3. Facilidad de desmontaje	48
3.4.4. Disposición y coste de los recambios	49
3.4.5. Tiempo de disposición de actualizaciones en el mercado del software en función del año del modelo	52
3.4.6. Propuestas para mejorar la reparabilidad del producto	53
COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y COSTE ECONÓMICO ENTRE PRODUCTOS DE A CORTO Y LARGO PLAZO	57
1. Introducción	57
2. Objetivo	58
3. Alcance y límites del sistema	59
4. Unidad funcional	61
5. Definición del caso base	61

5.1.	Análisis de Ciclo de Vida del caso base	61
5.1.1.	Definición, objetivo y alcance del análisis	61
5.1.2.	Definición del Bill of Material (BOM)	62
5.1.3.	Definición de otros aspectos del inventario	66
5.1.4.	Análisis de inventario	68
5.1.5.	Evaluación de impactos	70
5.1.6.	Interpretación de los resultados	78
5.2.	Definición costes asociados al caso base (ACCV)	78
6.	Análisis posibles mejoras de diseño	81
6.1.	Mejoras en durabilidad	81
6.1.1.	Fallos más frecuentes y componentes implicados	81
6.1.2.	Posibles alternativas de diseño	83
6.1.3.	Implicaciones de las alternativas en el ACV	84
6.1.4.	Implicaciones de las alternativas en el ACCV	84
6.2.	Mejoras en Reparabilidad	86
6.2.1.	Aspectos de diseño que dificultan la reparabilidad	86
6.2.2.	Posibles alternativas de diseño	87
6.2.3.	Implicaciones de las alternativas en el ACV y ACCV	89
6.3.	Mejoras en Reciclabilidad	89
6.3.1.	Aspectos de diseño que dificultan la reciclabilidad	89
6.3.2.	Posibles alternativas de diseño	90
6.3.3.	Implicaciones de las alternativas en el ACV y ACCV	91
7.	Definición del caso mejorado	93
7.1.	Cambios en el BOM	93
7.2.	Cambios en otros aspectos del ciclo de vida	95
7.2.1.	Evaluación de impactos	96
7.2.2.	Interpretación de los resultados	104
7.3.	Cambios en el análisis de costes de ciclo de vida (ACCV)	104
8.	Comparativa caso base vs. caso mejorado	106
8.1.	Resultados comparativos de ACV	106
8.2.	Resultados comparativos de ACCV	109
8.3.	Interpretación de los resultados	109

9	Evaluación de criterios de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad	110
9.1.	Evaluación de la durabilidad del producto	110
9.1.1.	Aspectos de diseño que pueden aumentar la durabilidad	111
9.1.2.	Posibles criterios de evaluación de la durabilidad	113
9.2.	Evaluación de la reparabilidad del producto	114
9.2.1.	Aspectos de diseño que pueden aumentar la reparabilidad	114
9.2.2.	Posibles criterios de evaluación de la reparabilidad	116
9.3.	Evaluación de la reciclabilidad del producto	118
9.3.1.	Aspectos de diseño que pueden aumentar la reciclabilidad	119
9.3.2.	Posibles criterios de evaluación de la reciclabilidad	120
10.	Conclusiones	123
11.	Glosario de términos y acrónimos	131
11.	ANEXOS	133
	ANEXO 1: Índice de contenido BOM+ACV+ACCV_frigoríficos	133
	ANEXO 2: Comparativa de información	134
	ANEXO 3: Diagrama de procesos: caso base	136
	ANEXO 4: Diagrama de procesos: caso mejorado	137



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ranking de productos mejor considerados para desarrollar una metodología de durabilidad. Fuente: Boulos et al. (2015)	16
Tabla 2. Materiales presentes en un frigorífico DAEWOO, peso y porcentajes. Fuente: Guía Sectorial de Eléctrico-Electrónico (I), IHOBE	20
Tabla 3. Lista de materiales/componentes de un frigorífico congelador combinado. Fuente: VHK and ARMINES 2016 / ISIS 2007a en Hischier et al. 2020	20
Tabla 4. Vida media de los frigoríficos tipo combi según diferentes marcas. Fuente: https://www.ocu.org/electrodomesticos/frigorificos/noticias/electrodomesticos-marcas-mas-duraderas	28
Tabla 5. Vida útil de los frigoríficos en diferentes países. Fuente: Prakash et al., 2020	30
Tabla 6. Vida real de los frigoríficos en Reino Unido. Fuente: Boulos et al., 2015	31
Tabla 7. Principales fallos, piezas o componentes implicados y obstáculos para su reparación. Fuente: elaboración propia	46
Tabla 8. Tarifas de reparación según las piezas del frigorífico. Fuente: https://doctorelectro.es/tarifas-de-reparacion-por-averia-por-aparato/	51
Tabla 9. Tarifas de asistencia técnica de la marca Miele en España con impuestos incluidos. Fuente: https://m.miele.es/media/ex/es/bases-legales/2020_tarifas_asistencia_tecnica_dom.pdf	51
Tabla 10. Precios medios (€, IVA incluido) del remplazo del termostato en Francia en 2019 [según el precio de compra del aparato]. Fuente: propia a partir de ADEME	52
Tabla 11. Alcance y límites del sistema en el estudio comparativo de ACV. Fuente: elaboración propia	59
Tabla 12. Resumen por materiales del frigorífico caso base y comparativa con el promedio de las fuentes. Fuente: elaboración propia	64
Tabla 13. BOM caso base. Fuente: elaboración propia	65
Tabla 14. Distancias del transporte consideradas para el producto caso base. Fuente: elaboración propia a partir de valores metodología MEERp	67
Tabla 15. Escenarios de fin de vida para el producto caso base. Fuente: Eurostat	67
Tabla 16. Lista de materiales y procesos considerados para el producto caso base. Fuente: elaboración propia mediante software Simapro	68
Tabla 17. Resultados de impacto para el producto caso base (valor absoluto). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro	71
Tabla 18. Resultados de impacto para el producto caso base (porcentaje). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro	72

Tabla 19. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso base (absoluto). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro	75
Tabla 20. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso base (porcentajes). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro	75
Tabla 21. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso base (valor único). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro	77
Tabla 22. Datos de partida considerados para la realización del ACCV del caso base. Fuente: elaboración propia	79
Tabla 23. Resultados de costes actuales y valor actual para el caso base. Fuente: elaboración propia	81
Tabla 24. Fallos más frecuentes y componentes involucrados. Fuente: elaboración propia	82
Tabla 25. Análisis de costes de los componentes sustituidos. Fuente: elaboración propia	85
Tabla 26. Análisis de costes de los componentes sustituidos. Fuente: elaboración propia	85
Tabla 27. Resumen del análisis de costes de los componentes sustituidos y diferencia de coste final. Fuente: elaboración propia	86
Tabla 28. Principales aspectos que dificultan un correcto diagnóstico. Fuente: IHO-BE	87
Tabla 29. Causas de diseño que dificultan la reparación en frigoríficos. Fuente: elaboración propia	87
Tabla 30. Disposición de piezas según Reglamento (UE) 2019/2019 de la comisión de 1 de octubre de 2019 por el que se establecen los requisitos de diseño ecológico aplicables a los aparatos de refrigeración. Fuente: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2019&from=ES	88
Tabla 31. Alternativas de mejora de diseño para aumentar la reparabilidad. Fuente: elaboración propia	88
Tabla 32. Relación de mejoras en el diseño de frigoríficos que mejoren su reciclabilidad. Fuente: elaboración propia	91
Tabla 33. Escenario de fin de vida de los productos. Fuente: elaboración propia	93
Tabla 34. BOM caso mejorado. Fuente: elaboración propia	93
Tabla 35. Distancias del transporte consideradas para el producto caso mejorado. Fuente: elaboración propia a partir de metodología MEErP	95
Tabla 36. Resultados de impacto para el producto caso mejorado (valor absoluto). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro	97
Tabla 37. Resultados de impacto para el producto caso mejorado (porcentaje). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro	98

Tabla 38. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso mejorado (absoluto). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro	101
Tabla 39. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso mejorado (porcentajes). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro	101
Tabla 40. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso mejorado (valor único). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro	103
Tabla 41. Datos de partida considerados para la realización del ACCV del caso mejorado. Fuente: elaboración propia	105
Tabla 42. Resultados de costes actuales y valor actual para el caso mejorado. Fuente: elaboración propia	106
Tabla 43. Resultados de impacto comparativo entre productos en su ciclo de vida. Diferencia de impacto para una misma unidad funcional entre caso base y caso mejorado. Fuente: elaboración propia mediante software Simapro	107
Tabla 44. Resultados de impacto comparativo entre productos (valor único). Diferencia de impacto para una misma unidad funcional entre caso base y caso mejorado. Fuente: elaboración propia mediante software Simapro	107
Tabla 45. Aspectos de diseño que pueden mejorar la durabilidad del equipo. Fuente: elaboración propia e IHOBE	112
Tabla 46. Propuesta de criterios de valoración de la durabilidad. Fuente: elaboración propia e IHOBE	113
Tabla 47. Aspectos de diseño que pueden mejorar la reparabilidad del equipo. Fuente: elaboración propia e IHOBE	115
Tabla 48. Propuesta de criterios de valoración reparabilidad. Fuente: elaboración propia e IHOBE	116
Tabla 49. Aspectos de diseño que pueden afectar a la reciclabilidad. Fuente: elaboración propia e IHOBE	119
Tabla 50. Propuesta de criterios de valoración de la reciclabilidad. Fuente: elaboración propia e IHOBE	121
Tabla 51. kg de CO ₂ -eq evitados según la prolongación de la vida útil de un frigorífico. Fuente: ADEME, 2020	129
Tabla 52: kg de CO ₂ -eq evitados según la prolongación de la vida útil del frigorífico estudiado (caso mejorado respecto a 1,3 caso base). Fuente: elaboración propia	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de un frigorífico. Fuente: https://qamplify.files.wordpress.com/2014/03/manual-fridge-sample-new.pdf	17
Figura 2. Esquema del circuito refrigerante. Fuente: https://www.areatecnologia.com	18
Figura 3. Composición de un frigorífico DAEWOO. Fuente: Guía Sectorial de Eléctrico-Electrónico (1), IHOBE	19
Figura 4. Proceso general para el reciclado de frigoríficos. Fuente: https://www.aeha.or.jp/assessment/en/english_flame_rp.html#Refrigerator	21
Figura 5. Información contenida en la etiqueta energética de los aparatos de refrigeración según el Reglamento sobre etiquetado energético de aparatos frigoríficos (UE) 2019/2016. Fuente: https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=-DOUE-L-2019-81876	27
Figura 6. Índice de fiabilidad de marcas de frigoríficos combi. Fuente: elaborado por la OCU	29
Figura 7. Reemplazo de grandes electrodomésticos y motivos de la compra en 2012. Fuente: Prakash et al., 2020	37
Figura 8. Cambio del material de plástico de la cubierta para una mejora de su vida útil. Fuente: Woo y O’Neal (2019)	38
Figura 9. Empresas y personas trabajadoras del sector de la reparabilidad en Europa en 2017. Fuente: IHOBE.	40
Figura 10. 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. 31 de diciembre de 2018).	41
Figura 11. Logo de la ecoetiqueta europea «Eco-label». Fuente: https://ec.europa.eu/environment/archives/ecolabel/pdf/marketing/brochures/es/fridges.pdf	55
Figura 12. Logo del sello ISSOP. Fuente: https://feniss.org/sello-issop/	56
Figura 13. Distribución impactos por partes del frigorífico caso base (en porcentaje de valor único). Fuente: elaboración propia a partir de resultados de software Simapro.	73
Figura 14. Resultados en porcentaje de la ponderación en un indicador único de los diferentes impactos asociados a cada componente. Fuente: software Simapro. .	74
Figura 15. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso base (porcentaje). Fuente: elaboración propia a partir de resultados de software Simapro. ...	76
Figura 16. Distribución impactos por fases del ciclo de vida del frigorífico caso base (en porcentaje de valor único). Fuente: elaboración propia a partir de resultados del software Simapro.	77

Figura 17. Distribución impactos por partes del frigorífico caso mejorado (en porcentaje de valor único). Fuente: elaboración propia a partir de resultados del software Simapro.	99
Figura 18. Resultados en porcentaje de la ponderación en un indicador único de los diferentes impactos asociados a cada componente. Fuente: software Simapro. .	101
Figura 19. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso mejorado (porcentaje). Fuente: elaboración propia a partir de resultados del software Simapro.	102
Figura 20. Distribución impactos por fases del ciclo de vida del frigorífico caso mejorado (en porcentaje de valor único). Fuente: elaboración propia a partir de resultados del software Simapro.	103
Figura 21. Resultados de comparar el ciclo de vida de 1,3 caso base con 1 caso mejorado según la ponderación en un indicador único de los diferentes impactos asociados a cada componente. Fuente: software Simapro.	108
Figura 22. Vida útil óptima para frigoríficos/congeladores según el indicador de impacto ambiental (ReCiPe). Fuente: Bakker et al. (2014).	128
Figura 23. Resultado del escenario de alargar la vida útil de un frigorífico combi para el indicador de cambio climático (kg de CO ₂ -eq/ producto). Fuente: ADEME, 2019.	129

ESTUDIO PORMENORIZADO DE UN FRIGORÍFICO

1. Introducción

El presente estudio se enmarca dentro del «Estudio de obsolescencia de productos» promovido por la Subdirección General de Residuos (SGR, en adelante) del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO). Este informe es continuación del «Informe sobre la priorización de productos o categorías de productos: antecedentes y priorización de productos o categoría de productos», donde después de poner en contexto la obsolescencia de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE, en adelante), se lleva a cabo una evaluación comparativa de criterios con el fin de comparar cualitativamente una serie de aparatos eléctricos y electrónicos. Dicho informe concluye con un orden prelatorio de aquellos aparatos cuyo estudio deben acometerse en primer término, encontrándose los frigoríficos domésticos entre los aparatos que encabezan dicho listado de prioridades.

Los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) se han convertido a nivel doméstico en la base de muchos hogares. Tanto es así, que a nivel mundial cada año aumentan en 2,5 Mt los AEE consumidos. Consecuencia directa de ello, es que en 2019 en el mundo se llegaron a generar 53,6 Mt de residuos de AEE, esperándose alcanzar los 74,7 Mt en 2030. Algunas de las razones por las que se produciría ese ascenso son unas mayores tasas de consumo de AEE, ciclos de vida cada vez más cortos de los productos o pocas opciones para reparar o reutilizar los mismos¹.

El producto elegido para este estudio es un frigorífico, electrodoméstico de gama blanca clasificado dentro de la categoría 1: aparatos de intercambio de temperatura, según el Real Decreto 110/2015 de 20 de febrero sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos².

En el sistema de clasificación de categorías de AEE desarrollados por *United Nations University (UNU)*³, corresponde a *UNU-key- 0108-Frigoríficos (incl. frigoríficos combinados)* y según el Registro Integrado Industrial de aparatos eléctricos y electrónicos (RII-AEE)⁴, presenta el *código de producto 01102 para frigoríficos domésticos y otro equipos refrigeradores domésticos*.

¹ Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos – 2020: Cantidades, flujos 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.

² Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-1762

³ <https://unu.edu/>

⁴ <https://industria.gob.es/registros-industriales/RAEE/Paginas/Index.aspx>

En las últimas décadas se está produciendo un fenómeno de sustitución de AEE más acelerado que en años anteriores, y en relación a este grupo, desde 2014 hasta 2019 se ha producido un incremento del 7 % del peso total de los residuos generados¹.

Diversas son las causas por las que se produce dicha sustitución, interviniendo factores que se tratarán posteriormente en el presente informe, y entre los cuales se encuentra la obsolescencia prematura de los productos.

2. Objetivo y alcance

En este informe se pretende realizar un caso de estudio sobre frigoríficos domésticos, analizando las características del producto que influyen, tanto sobre el ciclo de vida medio esperado, como en el coste económico.

Para que este informe tuviera una realidad basada en datos empíricos y no fuera un estudio teórico, es imprescindible contar con, al menos, alguna de las siguientes colaboraciones (ver [Limitaciones para la elaboración del estudio](#)):

- Del sector: los fabricantes, plantas de tratamiento de RAEE, etc., disponen de datos clasificados como confidenciales del producto.
- Opinión de los consumidores, reparadores, etc.
- Laboratorio de pruebas que, a falta de las anteriores colaboraciones, ofrezcan valores reales del producto.

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), o búsquedas en páginas de internet de acceso público.

3. Estudio pormenorizado del producto: frigorífico

3.1. Contexto

3.1.1. Justificación de la elección

El frigorífico fue el producto que obtuvo la segunda mayor puntuación en el «Estudio de obsolescencia de productos. Parte I», por lo que se consideró realizar el estudio pormenorizado de obsolescencia prematura de productos de este electrodoméstico.

Pertenece a los electrodomésticos de gama blanca y se clasifica dentro de la categoría 1: aparatos de intercambio de temperatura, según el Real Decreto 110/2015 de 20 de febrero sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos⁵, que incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva 2012/19/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo⁵.

Los frigoríficos son un elemento básico en casi todos los hogares hoy en día. Se consideran, junto con las lavadoras o cocinas, electrodomésticos de primera necesidad, ya que el 93 % de las adquisiciones de estos productos se producen por este hecho⁶.

En España, en 2019⁷ se pusieron en el mercado 1.769.090 unidades de frigoríficos domésticos y otros equipos refrigeradores domésticos (código de producto en el RII: 01102) lo que representa un peso de 102.563,53 t, y 150.787 unidades, (9.656,43 t) de frigoríficos y otros equipos refrigeradores profesionales (código de producto en el RII: 01151).

Es un electrodoméstico que está en funcionamiento todo el día, lo que supone aproximadamente entre el 15-20 % del uso total de la energía consumida en el hogar⁸.

Además, y en concordancia con la aprobación del Plan de Acción Europeo de Economía Circular en 2015, se han venido revisando los Reglamentos que desarrollan la Directiva de Ecodiseño⁹ incorporando criterios de economía circular en los requisitos de ecodiseño. Este es el caso de los frigoríficos, revisado por el Reglamento (UE) 2019/2019¹⁰ de la comisión de 1 de octubre de 2019 por el que se establecen los requisitos de diseño ecológico aplicables a los aparatos de refrigeración de conformidad con la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y se deroga el Reglamento (CE) n° 643/2009 de la Comisión. En él se incluyen por primera vez requisitos para la reparabilidad y reciclabilidad, con los que se pretende mejorar la vida útil, mantenimiento, reutilización, actualización y gestión de residuos para este tipo de productos.

⁵ Directiva 2012/19/UE del Parlamento europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE); Directiva RAEE: <https://www.boe.es/boe/doue/2012/197/L00038-00071.pdf>

⁶ Quota research, S.A. (2007). «Comercialización de electrodomésticos en España». Ministerio de industria, turismo y comercio, Dirección General de Política Comercial, Subdirección General de Estudios y Modernización del Comercio Interior. España.

⁷ Registro Integral Industrial (RII), 2019. Si bien la elección del producto se hizo en base a datos del RII 2019, actualmente se dispone ya de los datos de 2021, donde las unidades de los frigoríficos y otros equipos refrigeradores domésticos (01102) han aumentado hasta las 2.145.378 unidades puestas en mercado que suponen un peso de 131.973,30 t. (nota: selección desde T1 2021 hasta T4 de 2022) https://industria.serviciosmin.gob.es/rii_aee/UI/ConsultasPublicas/ConsultaKilosOrigen.aspx

⁸ Der-Yeong L., Wen-Ruey C., Jian-Yuan L. (2004). Performance comparison with effect of door opening on variable and fixed frequency refrigerators/freezers. 24(14-15), 2281-2292. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2004.01.009

⁹ Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 por la que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2009-82047>.

Transpuesta al ordenamiento jurídico español por el Real Decreto 187/2011, de 18 de febrero: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/02/18/187/con>

¹⁰ Reglamento (UE) 2019/2019 de la comisión de 1 de octubre de 2019: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2019&from=ES>

También, en el estudio de la Comisión Europea llevado a cabo por Boulos et al. (2015)¹¹ realizan una evaluación de los productos que potencialmente se beneficiarían más si se mejorara su durabilidad. Para ello, establecieron una serie de criterios a aplicar a cada producto, entre los cuales se encontraban los frigoríficos domésticos. Una vez aplicados y evaluados los criterios, se obtuvo el ranking de productos ordenados de mayor a menor puntuación, donde la mayor puntuación significaba una mayor prioridad para trabajar en la mejora de su durabilidad. Como se puede observar en la tabla 1, se obtuvo la mayor puntuación para los frigoríficos y congeladores domésticos.

Tabla 1. Ranking de productos mejor considerados para desarrollar una metodología de durabilidad. Fuente: Boulos et al. (2015)¹¹.

Grupo de productos	Puntuación (/20)
Frigoríficos y congeladores domésticos (Lot 13)	20
Hornos (dentro del grupo de productos de electrodomésticos de cocina)	17
Compresores (Lot 31)**	16
Secadoras domésticas (Lot 16)*	15
Ventiladores (Lot 11)	15
Bombas para las aguas residuales (Lot 28)	14

3.1.2. Descripción

Los frigoríficos no han sido siempre tal y como se conocen hoy, pues en el siglo XIX, antes de desarrollar el frigorífico, se utilizaban cajas de hielo, es decir, un mueble hecho de madera y recubierto por dentro de hojalata, corcho o zinc, donde se almacenaba el hielo que servía para preservar los alimentos.

La refrigeración artificial, o sin uso de hielo como tal, se empezó a estudiar a mediados del siglo XVIII de la mano del escocés William Cullen, quien demostró con una máquina simple cómo haciendo el vacío a un recipiente que contenía dietiléter, bajaba el punto de ebullición de este y que, al hervir era capaz de absorber el calor del aire. De esta manera consiguió bajar la temperatura del aparato. A partir de este experimento, fueron muchos los que siguieron esta línea de investigación, pero ninguna

¹¹ 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.

idea era útil para llevar a la práctica en los hogares. Hasta que, en la primera mitad del siglo XIX se patentó el primer frigorífico con un compresor situado en la parte superior, y que usaba dióxido de sulfuro o formiato de metilo, ambos compuestos muy tóxicos¹². A partir de la segunda mitad del siglo XIX, se fueron sucediendo los avances por mejorar la eficiencia y diseño de los frigoríficos, hasta llegar a nuestros días, donde estos electrodomésticos se encuentran en el 99,9 % de los hogares españoles según datos del INE para 2008¹³.

Gracias al uso de los frigoríficos, es posible el suministro de muchos alimentos en las ciudades cada vez más urbanizadas. Estos permiten conservar la cadena de frío, manteniendo la seguridad y calidad de los alimentos durante más tiempo¹⁴.

A nivel doméstico, los equipos utilizados para la refrigeración de alimentos son de tipo compacto, que requieren de un consumo eléctrico entre 20 W y 150 W. Sin embargo, a nivel profesional o comercial los equipos más usados van desde frigoríficos tipo compacto, como los domésticos, hasta sistemas centralizados de refrigeración que distribuyen el frío a diferentes expositores o armarios de refrigeración o congelación¹⁵.

Principales componentes de un frigorífico doméstico tipo combi

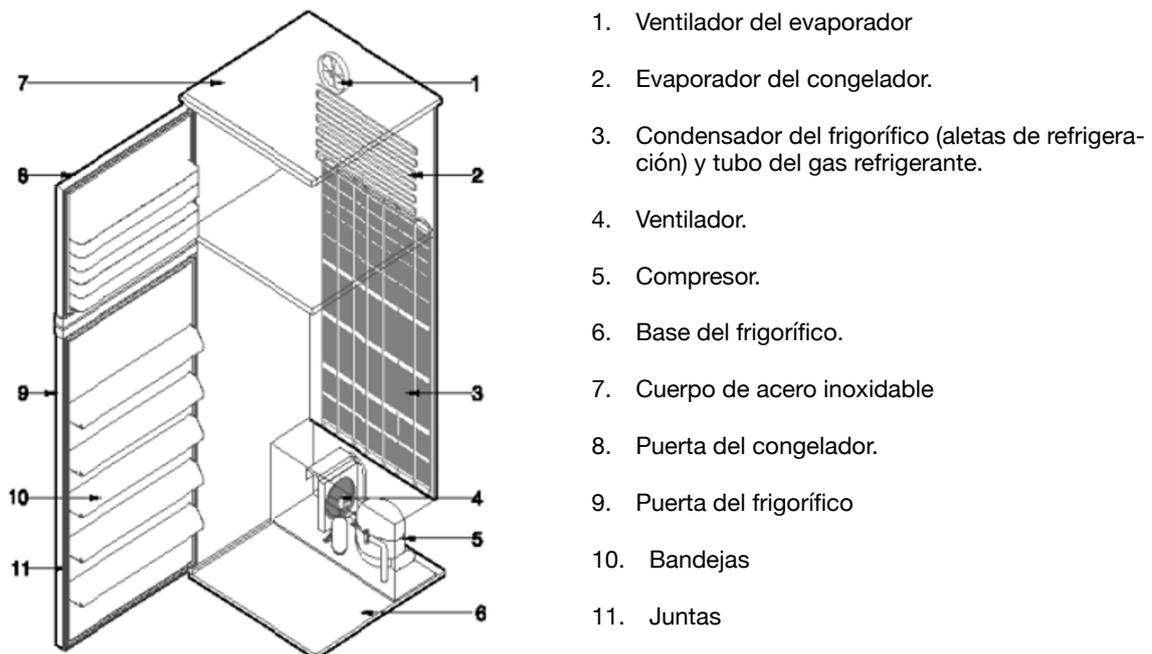


Figura 1. Componentes de un frigorífico. Fuente: <https://qamplify.files.wordpress.com/2014/03/manual-fridge-sample-new.pdf>

¹² <http://www.historyofrefrigeration.com/>

¹³ <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t25/p500/2008/p02/10/&file=01213.px&L=0>

¹⁴ James, C., Onarinde, B. A., James, S. J. (2017). The use and performance of household refrigerators: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 160-179.

¹⁵ Evans J., Curlin J.S., Clark E. (2018). Cold chain technology brief: comercial, profesional and domestic refrigeration. Institut International du Froid, International Institut of refrigeration: <https://iifir.org/en/fridoc/142035>

Funcionamiento del circuito refrigerante

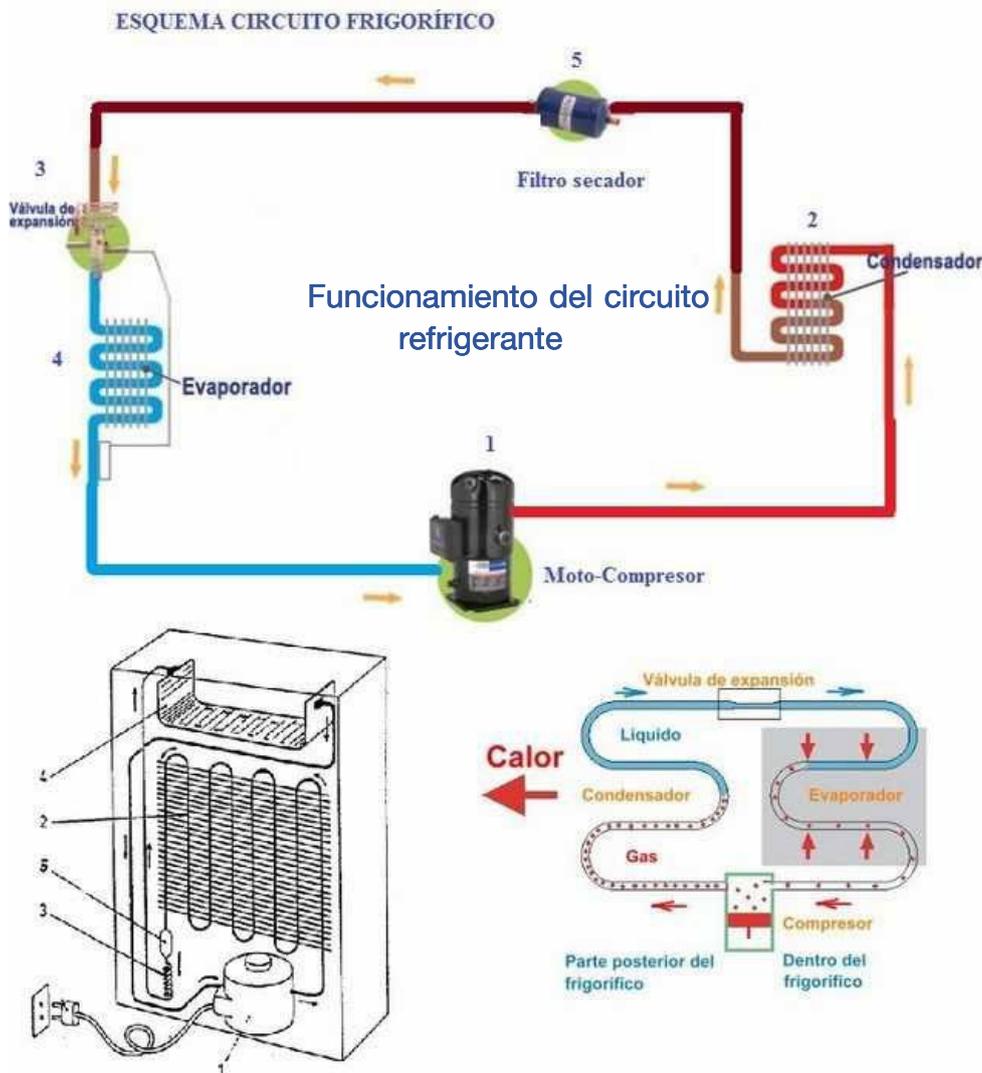


Figura 2. Esquema del circuito refrigerante. Fuente: <https://www.areatecnologia.com>

Siguiendo el esquema de funcionamiento de la figura 2, el compresor se acciona a través de un motor (1) que aspira el gas refrigerante del evaporador, lo comprime y así consigue aumentar la presión (para que después sea más rápido pasarlo a estado líquido), después el gas es enviado al condensador (2). Una vez llega el gas al condensador en forma de serpentín, va pasando a estado líquido gracias a que va liberando calor al exterior y se va enfriando a través de las aletas de refrigeración.

El gas que inicialmente había entrado al condensador, ahora se encuentra en estado líquido y con presión. Este líquido refrigerante pasa ahora a través de la válvula de expansión (3), donde bajará la temperatura y presión del líquido antes de que llegue al evaporador (4). Esta válvula es un tubo largo y estrecho que va suministrando líquido

refrigerante al evaporador. A continuación, y previo a que el líquido llegue de nuevo al evaporador, este pasa por un filtro que lo seca y limpia (5).

Finalmente, el líquido llega al evaporador de nuevo con una presión y temperatura bajas, por lo que se evapora y absorbe el calor de los alimentos que tiene que enfriar. De esta manera, se repite el ciclo de forma sucesiva, siempre y cuando exista diferencia entre la fuente caliente y la fría, ya que, por convección, el aire que hay dentro del frigorífico extrae el calor de los alimentos hasta llegar al serpentín del condensador, donde se enfría y continúa de nuevo extrayendo calor^{16,17}.

Elementos para su fabricación

En la composición de un frigorífico el elemento predominante es el acero, seguido de plásticos (figura 3). Además, también se encuentran elementos como el aluminio, cobre, hierro, níquel, productos derivados del petróleo y zinc (tabla 2).

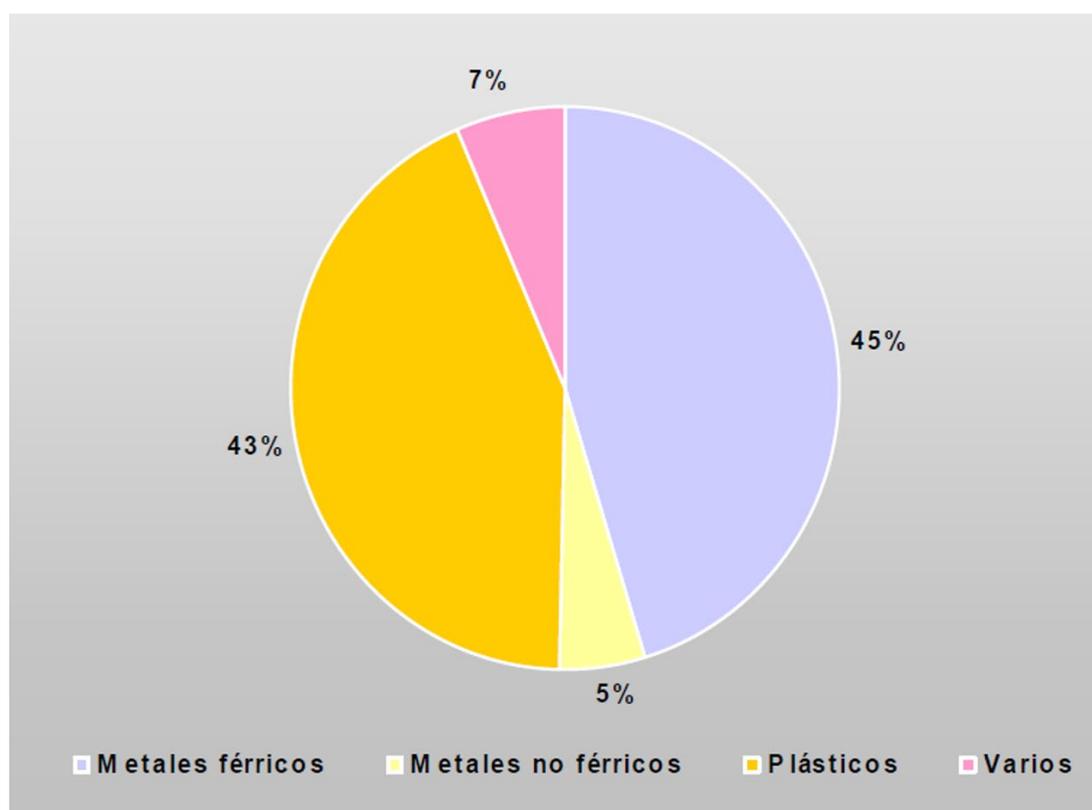


Figura 3. Composición de un frigorífico DAEWOO. Fuente: Guía Sectorial de Eléctrico-Electrónico (1), IHOBE¹⁸.

¹⁶ <https://www.areatecnologia.com/electricidad/refrigerador.html>

¹⁷ http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_frigorifico/af_frigorifico_3.htm

Tabla 2. Materiales presentes en un frigorífico DAEWOO, peso y porcentajes. Fuente: Guía Sectorial de Eléctrico-Electrónico (I), IHOBE¹⁸.

Materiales	Peso (kg)	%
Acero galvanizado	26,03	43
PUR ^I ¹⁹	8,30	14
PP ^{II}	6,50	11
PS ^{III}	6,00	10
Vidrio	3,90	6
Hi-PS ^{IV}	3,00	5
Cobre	2,03	3
Hierro	1,43	2
EPS ^V	1,00	2
Aluminio	0,92	2
PVC ^{VI}	0,70	1
ABS ^{VII}	0,60	1
PE ^{VIII}	0,10	<1
Otros plásticos	0,06	<1
Pintura	0,02	<1
TOTAL	60,60	100

Tabla 3. Lista de materiales/componentes de un frigorífico congelador combinado. Fuente: VHK and ARMINES 2016 / ISIS 2007a en Hischier et al. 2020²⁰.

Lista de materiales/componentes de un frigorífico congelador combinado		
<i>Composición del frigorífico-congelador combinado</i>	Peso total (en kg)	69.6
	Metales ferrosos	48.95 %
	Metales no ferrosos	5.69 %
	Plásticos	33.97 %
	Electrónica	0.52 %
	Cartón y papel	0.44 %
	Bituminosas	0.03 %
	Vidrio	10.00 %
	Refrigerante	0.07 %
	Revestimiento	0.32 %
<i>Composición del embalaje</i>	Peso total (en kg)	4.645
	Cartón y papel	63.29 %
	Plásticos	36.71 %

¹⁸ IHOBE (2010). Guía sectorial de ecodiseño eléctrico-electrónico (I).

¹⁹ 'Poliuretano/'Polipropileno/'Poliestireno/'Poliestireno de alto impacto/'Poliestireno expandido/'Policloruro de vinilo/'Acrilonitrilo Butadieno Estireno/'Polietileno

²⁰ Hischier, R., Reale, F., Castellani, V., & Sala, S. (2020). Environmental impacts of household appliances in Europe and scenarios for their impact reduction. Journal of cleaner production, 267, 121952. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121952>

En la tabla 3 se expone la lista de materiales/componentes que se consideran como media en el estudio preparatorio de la Comisión con respecto a los requisitos de diseño ecológico de los aparatos de refrigeración domésticos y al etiquetado energético de los aparatos de refrigeración domésticos²³.

Reciclado de los materiales

Del reciclado de frigoríficos se pueden recuperar diversos materiales, como algunos componentes de plástico, aceite refrigerante, materiales férricos, cobre, aluminio o fluorocarbonos (figura 4). Se estima que es posible reciclar hasta el 80 % de los materiales empleados en la fabricación de frigoríficos, lo cual permite que un aparato en desuso sea una fuente de materiales disponibles para emplearse en un segundo uso²¹.

Para el reciclaje del frigorífico, en primer lugar es necesario vaciar todas las sustancias contenidas en él, donde el aceite será valorizado y los gases serán enviados a las plantas correspondientes para su reciclaje. En esta primera fase de tratamiento, se retirará al menos el 99 % de los gases refrigerantes del circuito de refrigeración (que representan el 30 % del total de gases refrigerantes del equipo) y además será necesario extraer los componentes internos como son el cableado y las bandejas de vidrio.

Posteriormente, se procede al triturado del aparato. Se separarán el poliuretano de la carcasa, metales y plásticos que se enviarán para su correcto reciclado a una planta específica. En esta segunda fase se terminarán de extraer los gases refrigerantes contenidos en las espumas aislantes (que representan el 70 % restante de los gases refrigerantes del equipo) los cuales serán almacenados en instalaciones preparadas para ello con filtro de carbón activo.

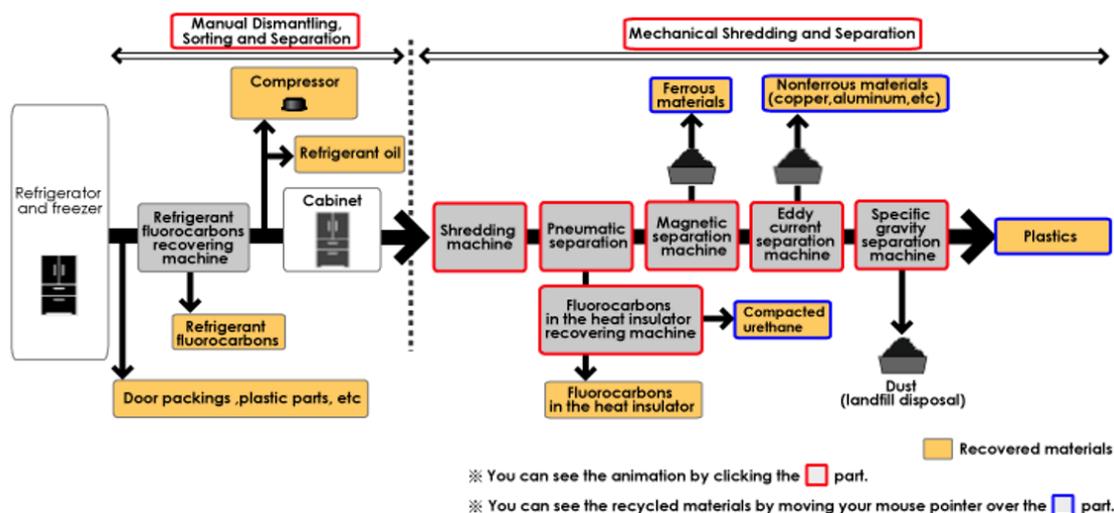


Figura 4. Proceso general para el reciclado de frigoríficos. Fuente: https://aeha.or.jp/assessment/english_flame_rp.html#Refrigerator

²¹ <https://ecolec.es/greenblog/con-tinta-verde/donde-tirar-frigorifico/>

Este proceso, viene recogido en el Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero². Los residuos de frigoríficos pertenecen desde 2018 a la categoría 1: *Aparatos de intercambio de temperatura*. La normativa contiene las especificaciones sobre la operación de tratamiento a seguir para los frigoríficos, correspondiente a la *G.2 Operación de tratamiento para RAEE que contengan CFC, HCFC, HFC, HC O NH3*.

Las fases correspondientes a la operación de tratamiento de este tipo de RAEE son:

- Fase 0. Recepción de los aparatos y desmontaje previo.
- Fase 1. Extracción gases refrigerantes y aceites de circuitos.
- Fase 2. Extracción gases fluorados e hidrocarburos de las espumas aislantes.
- Fase 3. Separación del resto de fracciones.

Impactos y perspectivas de futuro: innovación

Los frigoríficos tienen asociados diversos impactos sobre el ambiente ([ver apartado 5.1.5](#)), pero se pueden resumir grosso modo como:

1. Impacto indirecto debido a la electricidad que consumen, la cual genera emisiones de carbono y otros contaminantes provenientes de las plantas generadoras de energía que queman combustibles fósiles;
2. Impacto directo proveniente de la liberación de gases empleados como refrigerantes y presentes en las espumas aislantes (hidrofluorocarbonos, HFC, y otros gases fluorados, F-gases en inglés), particularmente cuando el frigorífico es desechado, que son dañinos para la capa de ozono y provocan calentamiento global.
3. Impactos asociados a la cantidad de residuos generados, que en el caso de frigoríficos desde 2014 hasta 2019 ha supuesto un incremento del 7 % del peso total de los residuos generados¹.

Los impactos directos e indirectos se combinan para dar como resultado un Impacto Total Equivalente sobre el Calentamiento Atmosférico (*TEWI* por sus siglas en inglés), el cual se mide en términos del equivalente de dióxido de carbono (CO₂-eq). Para los diseños antiguos de frigorífico-congelador combinados, el 60 % de los impactos fueron indirectos y 40 % directos. Sin embargo, en los últimos años estas proporciones y totales han cambiado significativamente, gracias al uso cada vez más frecuente (sobre todo en regiones como la Unión Europea) de gases de hidrocarburo (HC) con un menor impacto, que se usan como refrigerantes y como agentes espumantes.

Fue a partir de 1989, con el Protocolo de Montreal, cuando se comenzaron a prohibir las sustancias que agotan la capa de ozono²², como el refrigerante freón (CFC-12).

²² Mediante el Reglamento (CE) n° 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de junio de 2000, sobre las sustancias que agotan la capa de ozono.

Por ello, se comenzó la búsqueda de alternativas a este gas que no agotaran la capa de ozono, como el R-134a, sin embargo, este gas además de ser menor eficiente energéticamente, sí es un peligro para el calentamiento global. Fue así como se comenzó a utilizar el isobutano R600a, que no suponía tanto impacto en el calentamiento global y no implicaba daños para la capa de ozono, llegando en 2013 a ser usado en el 98 % de los electrodomésticos de refrigeración²³.

Como se comentaba, desde Europa se ha ido controlando la utilización de gases fluorados mediante mecanismos reguladores, siendo el instrumento actual el Reglamento (CE) n° 1005/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo²⁴, sobre las sustancias que agotan la capa de ozono. En este reglamento quedan prohibidos el uso y producción de los CFC y HCFC y, además, se obliga a la recuperación de las sustancias reguladas contenidas en aparatos de refrigeración durante el mantenimiento y revisión de los aparatos o previo a su desmontaje y eliminación. Así mismo, con la aprobación del Reglamento (CE) n° 517/2014, del Parlamento Europeo y del Consejo²⁵, sobre determinados gases fluorados de efecto invernadero, se establece una retirada progresiva de los HFC hasta 2015 que se prohíben en el 100 %, permitiéndose solo los que tienen cuota asignada.

En España, a partir del año 2001 quedó prohibida en la fabricación de aparatos de frío la utilización de sustancias que contribuyan al agotamiento de la capa de ozono. Entre ellas, se hallan los clorofluorocarburos (CFC), los hidroclorofluorocarburos (HCFC) y los hidrofluorocarburos (HFC), que se usan como fluidos refrigerantes. Desde ese momento, los frigoríficos y otros aparatos de frío dejaron de emplear estas sustancias, sustituyéndolas por hidrocarburos, entre los que destacan el isobutano y el ciclopentano que, si bien no afectan la reducción de la capa de ozono, sí tienen un potencial de cambio climático significativo. No obstante, en muchos países los refrigerantes basados en gases fluorados aún se usan de manera considerable en los frigoríficos²⁶. Actualmente en España, la legislación que está vigente y que desarrolla la normativa europea anterior es el Real Decreto 115/2017²⁷ por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilizan. La finalidad de este Real Decreto es regular la distribución y puesta en el mercado de gases fluorados, así como su manipulación y la de los equipos basados en su empleo a efectos del control

²³ VHK and ARMINES in collaboration with Viegand & Maagøe and Wuppertal Institute contract co-ordination. European Commission FINAL REPORT (2016). Preparatory/review study on Commission Regulation (EC) No. 643/2009 with regard to ecodesign requirements for household refrigeration appliances and Commission Delegated Regulation (EU) No. 1060/2010 with regard to energy labelling of household refrigeration appliances. Final Roadmap Report.

²⁴ <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2009-82051>

²⁵ <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2014-83325>

²⁶ ONU Medio Ambiente –Fondo Mundial para el Medio Ambiente | Unidos por la Eficiencia (U4E), 2017. Acelerando la adopción mundial de refrigeradores amigables con el ambiente y energéticamente eficientes. <https://united4efficiency.org/wp-content/uploads/2017/11/U4E-RefrigerationGuide-201712-Spanish-Final-1.pdf>

²⁷ <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2017-1679> (texto consolidado)

de fugas o emisiones y de su desmontaje y recuperación de los gases, establecer los procedimientos de certificación del personal que realiza determinadas actividades, establecer requisitos técnicos para las instalaciones que desarrollen actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera, con el fin de evitar la emisión de gases fluorados, derogar el RD 795/2010, de 16 de junio y modificar el RD 138/2011, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias, para incluir ciertos aspectos del Reglamento 517/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, sobre los gases fluorados de efecto invernadero.

En cuanto a los impactos indirectos (relacionados con la energía) son menores a un tercio de lo que eran en electrodomésticos más antiguos. Aunque suponga un importante porcentaje de la energía consumida en el hogar, las políticas sobre eficiencia energética adoptadas como las normas sobre Niveles Mínimos de Eficiencia Energética (MEPS) y el etiquetado energético han disminuido este impacto considerablemente. Sin embargo, algunos países menos desarrollados que no disponen de tales regulaciones se encuentran en una situación vulnerable al ser el destino de productos obsoletos que no podrían ser vendidos en otras partes del mundo.

En busca del progreso tecnológico para remitir estos impactos, en el artículo 8 del Reglamento (UE) 2019/2019 de la Comisión de 1 de octubre de 2019¹⁰, se dicta que «La Comisión revisará el presente Reglamento a la luz del progreso tecnológico y presentará al Foro consultivo los resultados de dicha evaluación, en su caso, junto con un proyecto de propuesta de revisión 25 de diciembre de 2025». Para los frigoríficos, estas revisiones deben centrarse particularmente en:

- a) los requisitos relativos al índice de eficiencia energética de los aparatos de refrigeración de bajo nivel de ruido y los armarios para la conservación de vinos, incluyendo los de puertas transparentes;
- b) la pertinencia de establecer requisitos relativos al índice de eficiencia energética de los aparatos «combi» de bajo nivel de ruido con compartimento para productos congelados;
- c) el tratamiento de los arcones congeladores profesionales;
- d) el nivel de las tolerancias;
- e) la pertinencia de una señal sonora obligatoria cuando la puerta esté abierta durante un largo período;
- f) los factores de compensación y los parámetros de modelización;
- g) la pertinencia de establecer requisitos suplementarios de eficiencia de los recursos para los productos de conformidad con los principios de la economía circular, lo que incluye determinar si deben incluirse más piezas de repuesto;
- h) la pertinencia de incluir otros dispositivos o funciones auxiliares que no sean la resistencia anticorrosión controlada por el ambiente para determinar la energía auxiliar;
- i) la metodología utilizada para tener en cuenta el desescarche automático e inteligente.

Finalmente, en la búsqueda de la innovación para hacer frente a los impactos de los gases refrigerantes, cabe mencionar un consorcio de la Unión Europea coordinado por WHIRLPOOL R&D²⁸ que desarrolló una nueva clase de frigoríficos domésticos que funcionan mediante refrigeración magnética en lugar de gas. El proyecto demostró el funcionamiento de esta tecnología y su potencial para electrodomésticos con un impacto ambiental bajo. El proyecto financiado con fondos europeos ELICIT (*Environmentally low impact cooling technology*)²⁹ creó un frigorífico comercial con un sistema que incorpora refrigeración magnética. Esta tecnología se sirve de un campo magnético cambiante para modificar la temperatura de refrigerantes sólidos y sustituye a todos los sistemas basados en gases de los frigoríficos actuales. El producto final consiste en un modelo bajo mostrador con 155 litros de capacidad cuyo funcionamiento se demostró en una exposición tecnológica internacional. Esta propuesta esboza una serie de actividades que ayudarán a que la refrigeración magnética eficiente sin gas pase de ser una tecnología a escala de laboratorio a ser un producto comercializable de gran volumen. Este proyecto se centra específicamente en la aplicación de la tecnología de refrigeración magnética al mercado de la refrigeración doméstica.

Se trata de una tecnología que acabará siendo utilizada por los fabricantes de electrodomésticos de todo el mundo. El objetivo de esta propuesta es potenciar la colaboración con los fabricantes mundiales de electrodomésticos (como Whirlpool), así como aprovechar la experiencia de las universidades y los centros de investigación (Politécnico de Milán y S.C.I.R.E.).

La refrigeración magnética utiliza refrigerantes sólidos y, por lo tanto, no contiene gases; en Europa eliminará el isobutano con un GWP de 3,3 pero que es inflamable; fuera de Europa eliminará los HFC con un GWP de 1000 o más. La refrigeración magnética pretende ser una solución rentable para habilitar el aparato A cuando se combine con los últimos aislamientos.

3.1.3. Tipos

- **Utilidad:** doméstico o profesional.
- **Según el diseño** ^{30, 31}:
 - Combinados: o combi. Presentan, generalmente, la parte de frigorífico arriba y el congelador en la de abajo. Suelen tener dos compresores y dos termostatos que regulan la parte del frigorífico y la del congelador por separado.

²⁸ <https://cordis.europa.eu/article/id/207374-fridges-of-the-future/es>

²⁹ <https://cordis.europa.eu/docs/results/603/603885/final1-elic-it-final-report-pdf.pdf>

³⁰ <https://innovacionparatuvida.bosch-home.es/que-tipos-de-frigorifico-existen/>

³¹ <https://www.ocu.org/electrodomesticos/frigorificos/guia-de-compra/guia-compra-frigos>

- De una puerta: en los que el frigorífico y el congelador están separados.
 - Americanos: o *side by side*. Presentan dos puertas verticales; en una se encuentra el frigorífico y en la otra el congelador. También presentan dos termostatos diferentes que regulan ambas partes.
 - De dos puertas: congelador en la parte superior y frigorífico en la inferior. Cuentan con un único compresor y un circuito para ambos compartimentos. Son más reducidos que los de tipo combi.
- **Según el modo de conservación de los alimentos**³²:
- *No frost*: dispone de un sistema de ventilación que distribuye el frío y evita la formación de escarcha. Además, cuenta con un medio de tratamiento que elimina malos olores provenientes de los alimentos. Este sistema impide la formación de escarcha, pero requiere tapar los alimentos para protegerlos del frío seco generado en este tipo de frigoríficos.
 - Estático/estático-ventilado: es el tipo más común. El enfriamiento se basa en el movimiento del gas a través del frigorífico y congelador hasta alcanzar la temperatura óptima. También existe la modalidad estático-ventilado, donde a través de un ventilador, se distribuye de manera uniforme el frío por toda la cavidad. No obstante, y a diferencia del anterior, es posible la formación de escarcha en el congelador, por lo que es necesario descongelarlo cada cierto tiempo.
 - *Frost free*: este tipo de frigoríficos combina los dos métodos anteriores, de manera que el frigorífico dispone de enfriamiento estático o con ventilador para distribuir el frío, pero sin secar los alimentos, y el congelador es *no frost*, por lo que no se acumula escarcha en él.
- **Según clase energética:**

A partir del 1 de marzo de 2021, las etiquetas energéticas que utiliza la Unión Europea (UE) para frigoríficos van de una escala de la A (como la más eficiente) a la G (la menos eficiente)³³. Además, estas etiquetas proveen de información sobre: clase de eficiencia energética, consumo de energía, volumen de almacenamiento, si dispone o no de compartimento congelador y emisiones de ruido. La información que debe contener dicha etiqueta energética se encuentra en la figura 5.

³² https://www.candy-home.com/es_ES/blog/cual-es-la-diferencia-entre-un-frigorifico-no-frost-y-uno-estatico/

³³ Reglamento Delegado (UE) 2019/2016 de la Comisión, de 11 de marzo de 2019, por el que se completa el Reglamento (UE) 2017/1369 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo al etiquetado energético de los aparatos de refrigeración domésticos y se deroga el Reglamento Delegado (UE) n.º 1060/2010 de la Comisión. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2019-81876>

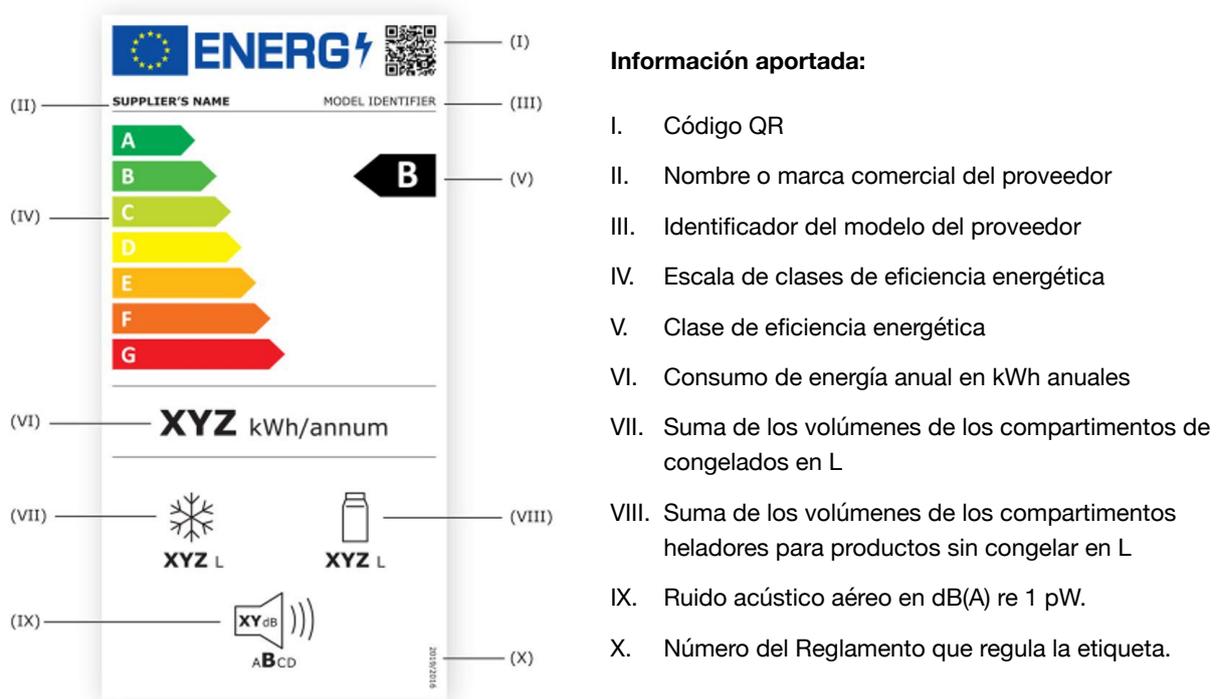


Figura 5. Información contenida en la etiqueta energética de los aparatos de refrigeración según el Reglamento sobre etiquetado energético de aparatos frigoríficos (UE) 2019/2016. Fuente: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2019-81876>

3.2. Ciclo de vida medio esperado

En el presente informe, se entiende como **vida útil** la duración estimada que un objeto puede tener, cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido creado. Se refiere a la vida máxima que un fabricante pretende que su producto siga siendo funcional, lo que viene determinado principalmente por el diseño del producto. Es el resultado de las decisiones tomadas en el momento del diseño del producto, como los materiales utilizados, la calidad del diseño, incluidas las consideraciones de reparabilidad y mejorabilidad, y la calidad del proceso. La vida útil está vinculada a la durabilidad del producto, que es «la capacidad de un producto para seguir siendo funcional cuando se enfrenta a los desafíos de la operación normal durante su vida útil»³⁴.

No obstante, la vida útil no se corresponde con la **vida real** del producto, definida como el tiempo que transcurre desde que se vende un producto hasta que se desecha o sustituye. La vida real es la duración en las condiciones reales de uso por parte del usuario y, a diferencia de la vida útil, tiene en consideración la obsolescencia

³⁴ Cooper, T. (2005). Slower Consumption - Reflections on Product Lifespans and the 'Throwaway Society'; *Journal of Industrial Ecology*, 9, 1-2, Winter-Spring.

prematura del producto en cuales quiera de sus tipologías (expuestas en el apartado 4 del «Estudio de obsolescencia de productos. Parte I»).

La información sobre la vida útil y real de los productos puede obtenerse de diferentes fuentes, como:

- **Portales y campañas de consumo:** con la publicidad y las actividades de *marketing* comercial se intenta estimular los impulsos de compra y atender las necesidades reales o percibidas; los portales de información al consumidor o las campañas de sensibilización intentan introducir más transparencia.

En este sentido, la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU) realiza encuestas para evaluar la duración y fiabilidad de los principales electrodomésticos (más de 87.000 valoraciones de consumidores de Bélgica, Francia, Italia, Portugal y España, han respondido a un cuestionario formulado por la organización). En noviembre de 2021 se publicaron los resultados de la encuesta realizada a los consumidores sobre la vida media de diferentes electrodomésticos como los frigoríficos y, además, establecían una relación de las marcas más duraderas para cada uno. En el caso de los frigoríficos (tipo combi), la vida media resultante fue de 12 años, pero variaba según las diferentes marcas:

Tabla 4. Vida media de los frigoríficos tipo combi según diferentes marcas. Fuente: <https://www.ocu.org/electrodomesticos/frigorificos/noticias/electrodomesticos-marcas-mas-duraderas>

FRIGORÍFICOS COMBI		
Las marcas más duraderas	Duración intermedia	Las marcas que menos duran
General Electric (15 años) Edesa (13 años) Zanussi (13 años) Siemens (13 años) Ignis (13 años)	Electrolux (12 años) Miele (12 años) Balay (12 años) Aspes (12 años) AEG (12 años) Bosch (12 años) Smeg (12 años) Liebher (12 años) Fagor (12 años) Hoover (11 años) Whirlpool (11 años) Indesit (11 años)	Candy (10 años) Teka (10 años) LG (10 años) Hotpoint (10 años) Daewoo (9 años) Samsung (9 años)

Además, la organización también creó un índice de fiabilidad según las marcas de frigoríficos combi a partir del número y gravedad de las averías descritas por los usuarios:

FRIGOS COMBI - Fiabilidad por marca

	Índice
KUNFT (WORTEN)	94
NEFF	84
PANASONIC	83
IGNIS	81
SHARP	81
SIEMENS	81
ZANUSSI	81
BOSCH	80
MIELE	80
BEKO	78
BALAY	77
HAIER	77
LIEBHERR	75
BLUESKY (CARREFOUR)	75
GENERAL ELECTRIC	73
BAUKNECHT	73
EDESA	73
IKEA	72
ASPES	72
LG	72
ELECTROLUX	70
CARREFOUR HOME	70
SMEG	70
AEG	70
INDESIT	70
SAMSUNG	68
HOTPOINT	67
SAIVOD	67
WHIRLPOOL	67
CANDY	65
TEKA	63
BECKEN (WORTEN)	62
CORBERÒ	62
HISENSE	60
HOOVER	59
WINIA (DAEWOO)	59
DE DIETRICH	59
SELECLINE (AUCHAN)	59
FAGOR	58

Figura 6. Índice de fiabilidad de marcas de frigoríficos combi. Fuente: elaborado por la OCU.

- **Informes técnicos y pruebas de productos:** Existen diferentes estudios donde se analiza la vida de los productos.

En los informes técnicos, los datos sobre la vida útil y real de los frigoríficos son muy diversos y variados. Esto se debe no sólo a los diferentes métodos de estudio y cálculo, sino también pueden influir aspectos geográficos, socioeconómicos y culturales, así como los años considerados en el estudio.

Para este análisis, se muestran en la tabla 5 diferentes investigaciones realizadas en varios países (recogidas en el estudio de Prakash et al., 2020³⁵). Estos estudios de-

³⁵ Prakash, S., Dehoust, G., Gsell, M., Schleicher, T., Stamminger, R. (2020). Influence of the service life of products in terms of their environmental impact: Establishing an information base and developing strategies against «obsolescence.» *Umweltbundesamt, December*, 1–299. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/influence-of-the-service-life-of-products-in-terms>

terminan la vida útil de grandes electrodomésticos, entre los que se encuentran los frigoríficos, a través de distintas metodologías.

Tabla 5. Vida útil de los frigoríficos en diferentes países. Fuente: Prakash et al., 2020³⁵.

País	Vida útil (años)	Fuente
España	11 (mediana)	Gutiérrez et al., 2011 ³⁶ .
USA	19.8 (media)	Lutz et al. 2011 ³⁷
China	9	Yang et al. 2008 ³⁸
Países Bajos	14	Wang et al. 2013 ³⁹
China	13	Eugster et al. 2007 ⁴⁰
Grecia	15	Karagiannidis et al. 2005 ⁴¹

Otros estudios en los que se analiza la vida útil de las lavadoras son:

- Gutiérrez et al. (2011)³⁶ investigaron la vida útil de los frigoríficos en España en 2007. Calcularon la vida útil para poder determinar los niveles futuros de RAEE (aspecto medioambiental) y para poder adaptar la producción a la demanda de combustible (aspecto económico). La recogida de datos fue seguida de una encuesta representativa de los hogares españoles. Se recopilaban datos básicos sobre la antigüedad de los aparatos desechados, las razones para sustituirlos (avería, obsolescencia funcional, otras razones) y datos sociodemográficos (número de personas en el hogar, proporción de hombres, miembros del hogar menores de 18 años, estatus cultural, número de residentes en el pueblo o ciudad, clima local). Determinaron una vida útil media de 11 años para los frigoríficos, pero ésta dependía significativamente del clima. En las zonas climáticas con grandes fluctuaciones de temperatura, la vida real era más corta, mientras que algunos frigoríficos se utilizaron durante más de 15 años. El principal motivo de la nueva compra para todos los electrodomésticos era que el antiguo se había

³⁶ Gutierrez, E., Adenso-Díaz, B., Lozano, S., González-Torre, P. (2011). Lifetime of household appliances: Empirical evidence of users behaviour. *Waste management & research: the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*, 29, 622-33. [10.1177/0734242X10377914](https://doi.org/10.1177/0734242X10377914).

³⁷ Lutz J.D., Hopkins, A., Letschert, V., Franco, V.H., Sturges A. (2011). Using national survey data to estimate lifetimes of residential appliances, *HVAC&R Research*, 17:5, 726-736, DOI: <https://doi.org/10.1080/10789669.2011.558166>

³⁸ Yang, J., Lu, B., Xu, C. (2008). WEEE flow and mitigating measures in China. *Waste management (New York, N.Y.)*, 28(9), 1589–1597. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.08.019>

³⁹ Wang, F., Huisman, J., Stevels, ALN., Balde, CP. (2013). Enhancing e-waste estimates: Improving data quality by multivariate input-output analysis. *Waste Management*, 33(11), 2397-2407. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.07.005>

⁴⁰ Eugster, M., Hirschier, R., Duan, H. (2007). Key Environmental Impacts of the Chinese EEE-Industry – Report. *EMPA Materials Science & Technology*.

⁴¹ Karagiannidis, A., Perkoulidis, G., Papadopoulos, A., Moussiopoulos, N., Tsatsarelis, T. (2005). Characteristics of wastes from electric and electronic equipment in Greece: results of a field survey. *Waste Management & Research*, 23(4), 381–388. <https://doi.org/10.1177/0734242X05054289>

estropeado, el segundo motivo más frecuente era la obsolescencia funcional, y sólo en raras ocasiones la sustitución se debía a otros motivos.

- En el estudio llevado a cabo por la Agencia de transición ecológica francesa (ADEME, en adelante) sobre la evaluación económica de la prolongación de la vida útil de los aparatos eléctricos y electrónicos a escala doméstica⁴² se toma como vida media real de los frigoríficos 10 años, si bien incluye las hipótesis de las «Fichas de productos publicadas por GIFAM en 2017, 2018 o 2019» que indican 11 años de vida y la de la «encuesta a los reparadores en junio-julio de 2019 en Francia como parte del estudio de FEDELEC», que indica 9 años. El último barómetro sobre la vida útil de los electrodomésticos llevado a cabo por Gifam en 2021 otorga una vida media de 12 años.
- En el estudio llevado a cabo por la Comisión Europea¹¹ sobre la durabilidad de los productos, se analizó la vida real de los frigoríficos desde diferentes puntos de vista o fuentes de información.

Tabla 6. Vida real de los frigoríficos en Reino Unido. Fuente: Boulos et al., 2015.

Fuente de información	Vida real de los frigoríficos domésticos
Expectativas de los consumidores (Reino Unido) ⁴³	7-10 años de vida real con un rango variable de 4-20 años.
Expectativas de los consumidores en Reino Unido (WRAP) ⁴⁴	En reino Unido, el 50 % de las compras en 2012 fueron para sustituir un producto de menos de 8 años.
Miele ⁴⁵	Probado para durar 15 años.
BSH ⁴⁶	15 años.
Manual de ASHRAE ⁴⁷	15-20 años.
Base de datos técnicos del CECED (2005)	15 años.
Estudio preparatorio de ecodiseño ⁴⁸	El más bajo: Reino Unido 5,1 años de media. El más alto: Suecia/Finlandia: 6,8 años de edad media.

En esta tabla queda recogida la diferencia entre la vida real resultado de las diferentes pruebas de productos (normas o métodos de ensayo efectuados para evaluar la resistencia de los productos) y la expectativa real que los consumidores tiene de la vida

⁴² ADEME. F. Michel, T. Huppertz, J. R. Dulbecco et J. Lhotellier, RDC Environment. décembre 2019. Evaluation économique de l'allongement de la durée d'usage de produits de consommation et biens d'équipements– Rapport. 149 pages. <https://bibliothèque.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/126-evaluation-economique-de-l-allongement-de-la-duree-d-usage-de-produits-de-consommation-et-biens-d-equipement.html>

⁴³ SMPT09_065 Public Understanding of Product Lifetimes and Durability, A Report for Defra citado en Boulos et al., (2015).

⁴⁴ WRAP Switched on to Value 2013 citado en Boulos et al., (2015).

⁴⁵ Miele UK website «Miele Quality» www.miele.co.uk/fridge-freezers/ citado en Boulos et al., (2015).

⁴⁶ Feedback from BSH (Bruno Vermoesen) citado en Boulos et al., (2015).

⁴⁷ ASHRAE Technical Committee 8.9. citado en Boulos et al., (2015).

⁴⁸ ISIS Preparatory Studies for Eco-design Requirements for EuPs Lot 13: Domestic Refrigerator & Freezers, Final report Tasks 3-5 December 2007. <http://www.eup-network.de/product-groups/preparatory-studies/completed/> citado en Boulos et al., (2015).

de sus aparatos, la cual influye en la voluntad de reparación y pago por el producto. No obstante, las pruebas de productos suelen evaluar sólo si los aparatos o sus componentes funcionan durante un periodo mínimo determinado (pruebas de resistencia) y no cuánto tiempo más seguirían funcionando.

- **Tablas oficiales de depreciación:** en la contabilidad de las empresas, es importante conocer la vida útil prevista de los productos para calcular la tasa media anual de depreciación de los activos de inversión.

En cuanto a las tablas oficiales de depreciación, y como ya se expuso en el «Estudio de obsolescencia de productos. Parte I», en España no existen unas tablas comunes específicas en las que poder consultar la vida útil o periodo de amortización de un bien concreto, a nivel de producto, más allá de la recogida en el Plan General de Contabilidad⁴⁹.

En Alemania, por ejemplo, las tablas *Afa* de depreciación por desgaste o período de amortización del Ministerio Federal de Finanzas alemán, establecen la vida útil media de los productos, siendo de 10 años para los frigoríficos.

Y en Francia, se tiene previsto implantar un índice de durabilidad para los AEE. Para ello, se desarrolló un estudio preparatorio⁵⁰ (julio 2021) que indica una planificación para 2024 y que informará a los consumidores de cuánto tiempo se espera que duren los productos.

- **Sector de la gestión de residuos:** en el sector de la gestión de residuos, conocer la vida útil de los productos desempeña un papel importante a la hora de evaluar las cantidades futuras de residuos y proporcionar una capacidad de eliminación de residuos adecuada.

Por ejemplo, la herramienta de cálculo de RAEE (*WEEE calculation tool*)⁵¹ de la Comisión Europea, supone una vida útil media de 14,8 años para los frigoríficos.

- **Foros y páginas de internet:** La experiencia subjetiva de cada individuo refleja las diferentes condiciones en las que utiliza un producto, lo que puede dar lugar a resultados dispersos sobre la vida real de los electrodomésticos.

⁴⁹ Real Decreto 1514/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el Plan General de Contabilidad:

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-19884&p=20210130&tn=6>

⁵⁰ <https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/4853-preparatory-study-for-the-introduction-of-a-durability-index.html>

⁵¹ http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/data_en.htm.

Existen diferentes foros y páginas de internet donde los usuarios hacen declaraciones muy diferentes e incluso contradictorias sobre la durabilidad de sus aparatos. La experiencia subjetiva de cada individuo refleja las diferentes condiciones en las que utiliza el producto, lo que lleva a resultados muy difusos en cuanto a la vida útil de los electrodomésticos. No obstante, aunque estos testimonios parezcan imprecisos y anecdóticos, también pueden dar alguna impresión sobre la calidad de un producto. En este sentido, es importante señalar que la vida real del producto es casi siempre inferior a las expectativas de los consumidores.

En relación a los dos conceptos definidos y analizados anteriormente, existe otro criterio para evaluar los productos basado en la **durabilidad** de los mismos. Según la Comisión Electrotécnica Internacional, la durabilidad es una propiedad que proporciona la capacidad de un producto para funcionar según lo requerido bajo condiciones de uso y mantenimiento hasta el final de la vida útil. Por otro lado, Alfieri et al., (2018)⁵² la define como la capacidad de funcionar según sea necesario, en condiciones normales de uso, mantenimiento y reparación, hasta que se alcanza un estado límite, momento en el que una o más funciones o subfunciones requeridas del producto ya no desempeñan su trabajo. Esto podría suceder durante el primer uso o usos posteriores del producto, debido a fallos técnicos y/u otras condiciones socioeconómicas.

En el mismo sentido, ADEME, además del índice de reparabilidad (expuesto en el [apartado 3.4](#)), ha publicado un informe⁵³ que señala los beneficios que potencialmente se generan alargando la vida útil de determinados productos en la prevención de residuos. El mismo, tiene como objetivo estudiar 11 aparatos eléctricos y electrónicos (entre los que se encuentran los frigoríficos) para:

- Calcular y analizar el impacto ambiental y los beneficios (en todo su ciclo de vida) del uso prolongado mediante el indicador de cambio climático.
- Calcular y analizar los beneficios económicos derivados de la prolongación de la vida útil del equipo que se está considerando.
- Destacar las figuras y mensajes clave para concienciar al público en general sobre la prolongación de la vida útil de los productos.

En «Estudio de obsolescencia de productos. Parte I», ya se enumeraron las principales acciones llevadas a cabo sobre la prolongación de la vida útil de los productos a

⁵² Alfieri, F., Cordella, M., Stammering R., Bues, A., (2018). Durability assessment of products: analysis and testing of washing machines, EUR 29487 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, doi:10.2760/115684, JRC114329. (Final report for Task 3)

⁵³ ADEME. F. Michel, J. R. Dulbecco et J. Lhotellier, RDC Environment. Avril 2020. Evaluation environnementale et économique de l'allongement de la durée d'usage de produits de consommation ou biens d'équipements à l'échelle d'un foyer français – Rapport. 27 pages.

nivel nacional. La nueva Ley de Residuos y Suelos Contaminados para una economía circular⁵⁴, en su artículo 18 sobre «Medidas de Prevención», trata directa o indirectamente cuestiones relativas a la prolongación de la vida útil de los productos:

1. Para prevenir la generación de residuos, las autoridades competentes adoptarán medidas cuyos fines serán, al menos, los siguientes:

a) Promover y apoyar los modelos de producción y de consumo sostenibles y circulares.

b) Fomentar el diseño, la fabricación y el uso de productos que sean eficientes en el uso de recursos, duraderos y fiables (también en términos de vida útil y ausencia de obsolescencia prematura), reparables, reutilizables y actualizables.

c) Identificar los productos que contengan materias primas fundamentales definidas por la Comisión Europea, a fin de prevenir que estas se conviertan en residuos mediante la aplicación de otras medidas contempladas en este apartado.

d) Fomentar la reutilización de los productos y componentes de productos, entre otros, mediante donación, y la implantación de sistemas que promuevan actividades de reparación, reutilización y actualización, en particular para los aparatos eléctricos y electrónicos, pilas y acumuladores, textiles y muebles, envases y materiales y productos de construcción.

e) Fomentar, cuando sea necesario y sin perjuicio de los derechos de propiedad intelectual e industrial, la disponibilidad de piezas de repuesto y herramientas necesarias, manuales de instrucciones, información técnica u otros instrumentos, equipos o programas informáticos que permitan reparar, reutilizar y actualizar productos sin poner en peligro su calidad y seguridad, debiendo tenerse en cuenta las obligaciones establecidas a nivel de la Unión Europea o nacional sobre piezas de recambio disponibles para determinados productos.

f) Reducir la generación de residuos en la producción industrial, en la fabricación, en la extracción de minerales y en la construcción y demolición, tomando en consideración las mejores técnicas disponibles y las buenas prácticas ambientales.

j) Reducir la generación de residuos, particularmente de los residuos que no son aptos para su preparación para reutilización o para su reciclado.

Además, la nueva normativa dicta que:

⁵⁴ Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular. <https://www.boe.es/eli/es/l/2022/04/08/7/con>

Las medidas previstas en este apartado podrán ser establecidas y desarrolladas reglamentariamente.

2. Queda prohibida la destrucción o su eliminación mediante depósito en vertedero de excedentes no vendidos de productos no perecederos tales como textiles, juguetes o aparatos eléctricos, entre otros, salvo que dichos productos deban destruirse conforme a otra normativa o por protección del consumidor y seguridad. Dichos excedentes se destinarán en primer lugar a canales de reutilización, incluyendo su donación, y cuando esto no sea posible, a la preparación para la reutilización o a las siguientes opciones de la jerarquía de residuos, respetando el orden establecido en el artículo 8.

Por otro lado, y como ya se expuso, la Estrategia Española de Economía Circular «España 2030»⁵⁵, también recoge compromisos respecto a la durabilidad de los bienes:

«siendo muy importantes y necesarias las iniciativas centradas en la fase del final del ciclo productivo, la economía circular pretende concentrar los esfuerzos en el inicio de la cadena: en la fase de diseño para lograr la durabilidad del producto combatiendo la obsolescencia programada e impulsando la servitización, su reutilización, reforma, reciclado y reprocesamiento de los componentes. De este modo, la fase de final de ciclo irá requiriendo menos esfuerzos de gestión conforme la economía se vaya «circularizando».

De hecho, la orientación estratégica 2 responde al Ciclo de vida de los productos: *Implantar un enfoque de ciclo de vida para los productos, con la incorporación de criterios de ecodiseño, reduciendo la introducción de sustancias nocivas en su fabricación, facilitando la reparabilidad de los bienes producidos y su reutilización, prolongando su vida útil y posibilitando su valorización al final de ésta, en definitiva, manteniendo el valor de los productos, materiales y recursos en la economía el mayor tiempo posible.* Esta orientación estratégica puede sostenerse por otras orientaciones estratégicas, pero especialmente la: 6. Consumo sostenible; 7. Sensibilización, comunicación; 10: indicadores.

Además de los objetivos de reducción de residuos, cabe destacar, en la línea de aumentar la durabilidad de los productos, el objetivo de «Incrementar la reutilización y preparación para la reutilización hasta llegar al 10% de los residuos municipales generados».

Y también se alude a la durabilidad en el I Plan de acción de Economía Circular 2021-2023⁵⁶ de España, tanto en el Eje de producción: *«Lograr la integración de medidas de EC en la fase de concepción y diseño y en la de producción o distribución supo-*

⁵⁵ https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/espanacircular2030_def1_tcm30-509532.PDF

⁵⁶ https://www.giec.es/doc/i_plan_accion_eco_circular_2021_2023.pdf

ne en primer lugar, mejorar la durabilidad de los materiales y productos al restringir los de un solo uso, evitar la obsolescencia programada o la destrucción de los no vendidos y, en segundo lugar, incrementar las posibilidades de actualización y reutilización y también facilitar, al final de su vida útil, su refabricación y reciclaje, teniendo en cuenta la presencia de productos químicos peligrosos y la mejora de la eficiencia de los materiales.» como en el Eje de consumo: «serán importantes las actuaciones destinadas a mejorar el etiquetado de los productos para ofrecer información de forma más práctica y sencilla, detallando su «huella ambiental», su eficiencia energética, sus características de resistencia y durabilidad, sus posibilidades de actualización o la disponibilidad de recambios y su facilidad de reparación. Por otro lado, la confianza es indispensable para que los consumidores estén dispuestos a pagar un poco más por productos que ofrecen mejores características de calidad y durabilidad, para lo cual será necesario evitar prácticas de obsolescencia programada o prematura, así como luchar contra la obsolescencia percibida».

Finalmente, añadir que en el [apartado 15.4](#) se retoma el aspecto de durabilidad, donde se analiza con detalle la relación entre la durabilidad de los productos con su coste económico o impacto ambiental, comparando estos aspectos entre un frigorífico de larga o corta duración. En él, se dedica un apartado para analizar posibles mejoras en la durabilidad ([apartado 6.1](#)) y otro sobre evaluación de la durabilidad del producto ([apartado 9.1](#)).

3.3. Principales causas de la obsolescencia material, funcional, psicológica y económica del producto

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

Varios autores sugieren que la vida útil de los productos viene determinada por factores como el diseño, cambio de tecnología/software, costes de reparación, disponibilidad de las piezas, nivel de renta del hogar, valores de reventa residual, calidad estética y funcional, moda, publicidad o presión social^{35, 57}.

Según el estudio desarrollado por la Agencia Federal de Medio Ambiente alemana³⁵ (que incluyó, además de una exhaustiva revisión bibliográfica, pruebas independientes de los productos elaboradas por la asociación independiente de consumidores Stiftung Warentest y encuestas a expertos y consumidores por internet), en 2012 los aparatos de refrigeración constituyeron la mayor parte de la adquisición de nuevos aparatos. Entre los motivos de estas compras recogidos en el estudio destacó, en el

⁵⁷ Tim Cooper (2004). Inadequate Life? Evidence of Consumer Attitudes to Product Obsolescence. 27(4), 421–449. doi:10.1007/s10603-004-2284-6

caso de los frigoríficos, el de obtener un electrodoméstico mejor, aunque el antiguo funcionara, y que el electrodoméstico anterior se había estropeado (figura 7).

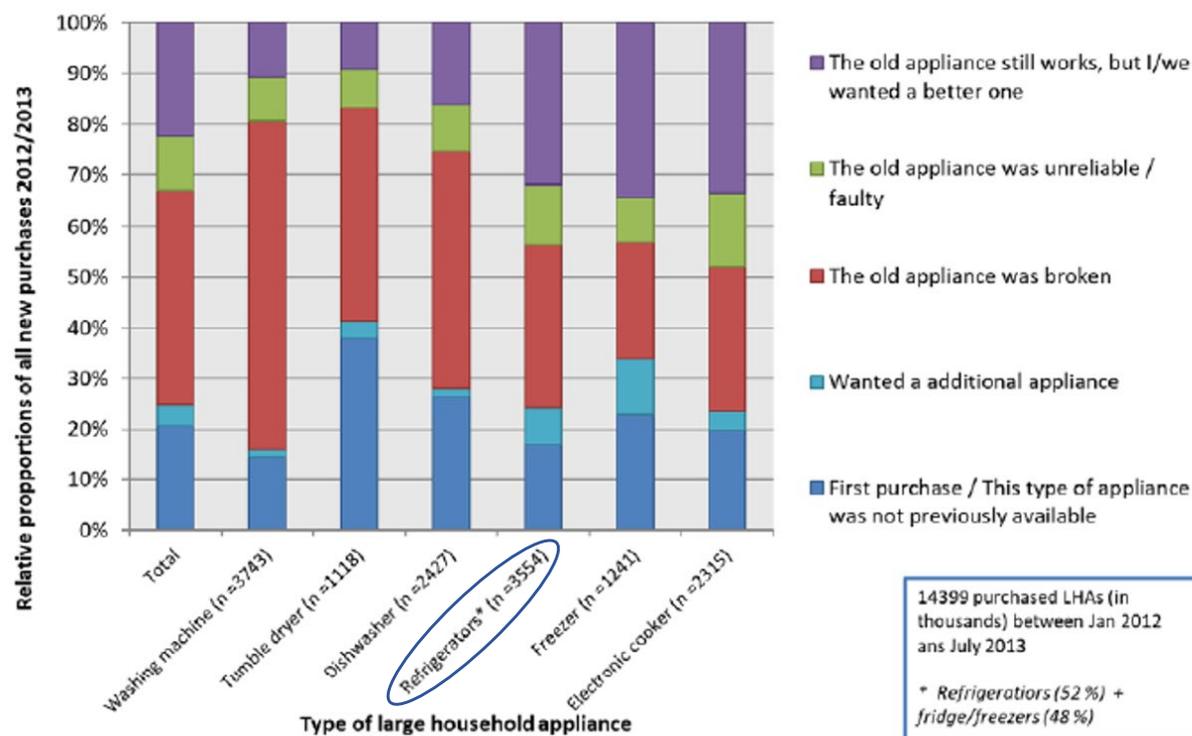


Figura 7. Reemplazo de grandes electrodomésticos y motivos de la compra en 2012. Fuente: Prakash et al., 2020.

Por otro lado, en una encuesta noruega realizada a 1.025 encuestados⁵⁸, se pretendía obtener información sobre cuestiones de durabilidad de frigoríficos y congeladores. Los resultados que se obtuvieron para frigoríficos sobre el reemplazo del producto fueron, mayoritariamente, que el anterior dejó de funcionar o se había desgastado (67 % del total) y no lo repararon (obsolescencia económica), en segundo lugar fue por nuevas necesidades del consumidor (obsolescencia funcional), seguido de causas de obsolescencia psicológica. Además, se preguntó a los encuestados acerca de dónde destinaban el anterior frigorífico, siendo la respuesta más contestada que lo habían entregado a familiares o amigos.

El estudio Francés de ADEME⁴² de 2019 revela que el 81 % de los encuestados en el barómetro del servicio posventa de Fnac Darty⁶⁸ renovó el frigorífico después de una avería y sólo el 19 % lo hizo por otra razón.

⁵⁸ Strandbakken, P. (2009). Sociology fools the technician? Product durability and social constraints to eco-efficiency for refrigerators and freezers. *International Journal of Consumer Studies*, 33(2), 146-150.

Una de las causas de obsolescencia más comunes en electrodomésticos es la de usar materiales de baja calidad, el empleo de diseños obsoletos o que se dejaron de producir repuestos al poco tiempo de haber lanzado un producto al mercado, lo que provoca que el consumidor decida comprar un aparato nuevo frente a la opción de reparar. Siendo este último caso, y como se expondrá en próximos apartados, uno de los regulados en el Reglamento (UE) 2019/2019 por el que se establecen los requisitos de diseño ecológico aplicables a los aparatos de refrigeración¹⁰.

En el estudio de Woo y O'Neal (2019)⁵⁹ se estudia un caso concreto de obsolescencia material. Se realizaron pruebas para determinar los fallos ocasionados por diseño defectuoso en las piezas que formaban parte del sistema de bisagras de la puerta de un frigorífico. Simularon mediante un test de vida acelerada y análisis de carga el uso al que se sometería la pieza por un usuario en su hogar, y detectaron las piezas que necesitaban ser corregidas en su fase de diseño para que el producto tuviera una vida útil mayor. En este sentido, en el estudio se identificaron y propusieron mejoras en el diseño interno del sistema de bisagras de la puerta como: modificar la estructura de sellado del amortiguador de aceite, reforzar la carcasa o cambiar el material de plástico de la cubierta por Aluminio.

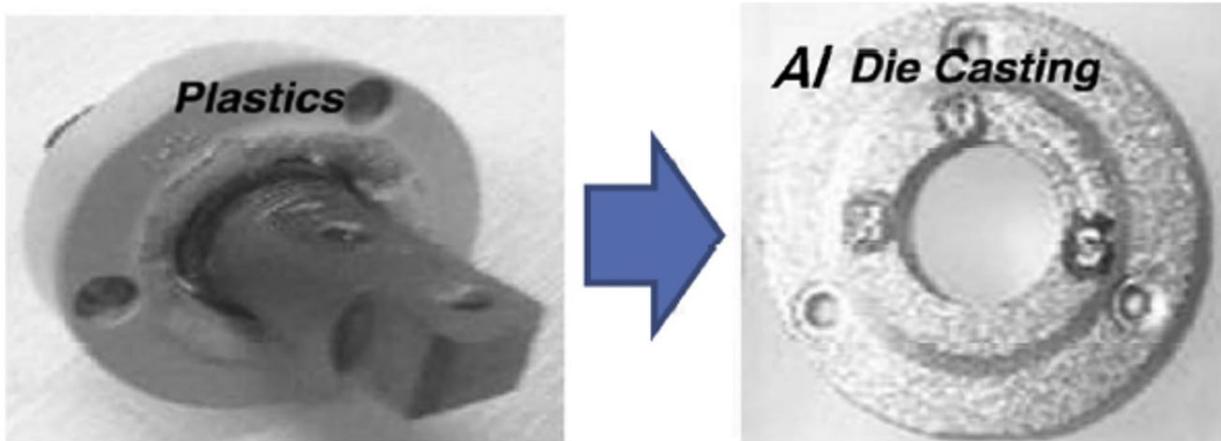


Figura 8. Cambio del material de plástico de la cubierta para una mejora de su vida útil. Fuente: Woo y O'Neal (2019)⁵⁹.

En otro estudio de durabilidad de la Comisión europea se afirma que en Reino Unido el 50 % de las compras en 2012 fueron para sustituir un frigorífico de menos de 8 años.

⁵⁹ Woo, S., & O'Neal, D. L. (2019). Reliability design and case study of mechanical system like a hinge kit system in refrigerator subjected to repetitive stresses. *Engineering Failure Analysis*, 99, 319-329.

3.4. Análisis sobre la reparabilidad de los frigoríficos: identificación de las dificultades más comunes para su reparación

Como se exponía en el apartado anterior, la vida real de un producto es el resultado del tiempo de duración del mismo debido a factores como el uso más o menos adecuado que se le haya dado, y otros factores que confieren la obsolescencia prematura. La reparación de los productos ayudaría a mejorar su vida real, además de presentar, en principio, grandes beneficios socioeconómicos y medioambientales (hecho que se estudiará en el [apartado 15.4](#)).

En la publicación del Parlamento Europeo «*Consumers and repair of products*»⁶⁰, se señala que al fomentar y facilitar la reparación, el consumidor puede ahorrar el dinero que invertiría en un nuevo producto, las empresas podrían encontrar una oportunidad de negocio en el sector de la reparación, además de crear nuevos empleos y, así, con el trabajo conjunto de todos los actores implicados, se reduciría la producción de residuos, uso de recursos, consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero en beneficio del medio ambiente. Y a esta misma conclusión llega el estudio de ADEME sobre la evaluación ambiental y económica de la prolongación de la vida útil de los aparatos eléctricos y electrónicos a escala doméstica⁵³.

Sin embargo, los datos sobre el sector de la reparación de electrodomésticos en Europa muestran tendencias contrarias a lo mencionado anteriormente. Según el trabajo realizado por el IHOBE en 2017⁶¹, sólo el 9 % de las empresas del sector de la reparación en Europa se dedicaba a la reparación de electrodomésticos (figura 9), siendo 2 el número de trabajadores por empresa en promedio. Sin embargo, si atendemos solo a las empresas dedicadas a la reparación de bienes materiales para este mismo año, la reparación de electrodomésticos supone el 48 % del total de empresas dedicadas a este sector. Según los datos del informe de Rreuse «*Improving product reparability: Policy options at EU level*»⁶², existe un descenso en el número de empresas dedicadas a este sector en los últimos 30 años en la UE, en parte agravado por los obstáculos y costes que supone la reutilización o reparación de productos.

⁶⁰ https://www.europarl.europa.eu/thinktank/es/document.html?reference=EPRS_BRI%282019%29640158

⁶¹ IHOBE. Diagnóstico de la reparación en la CAPV (2019).

⁶² Rreuse (2015). Improving product reparability: Policy options at EU level: <https://www.rreuse.org/wp-content/uploads/Routes-to-Repair-RREUSE-final-report.pdf>

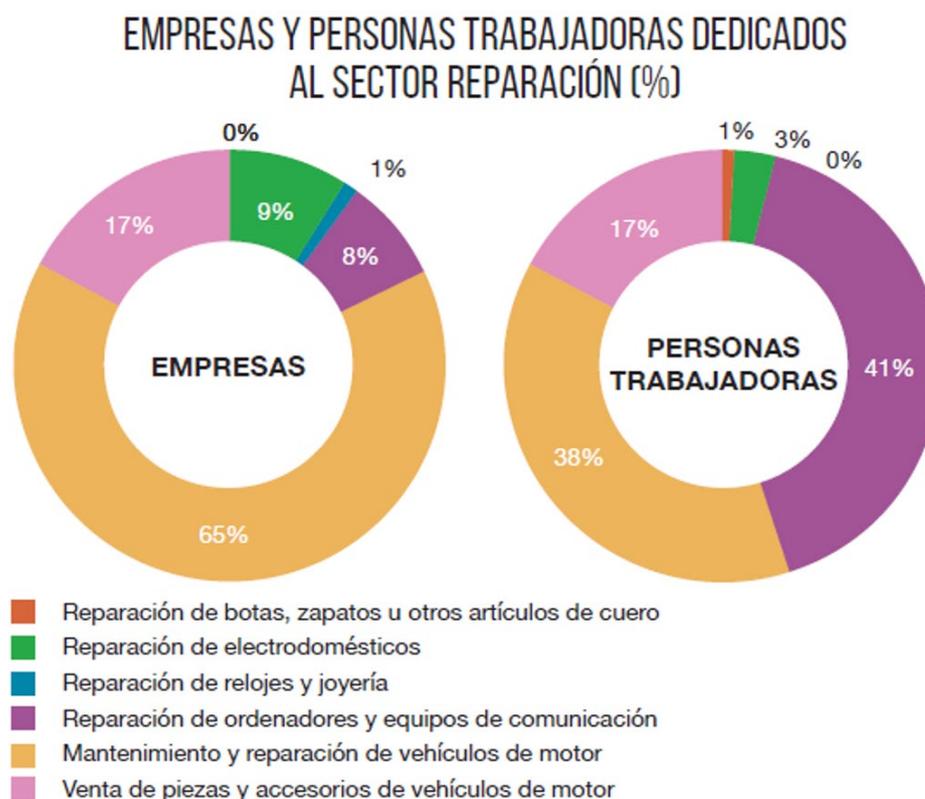
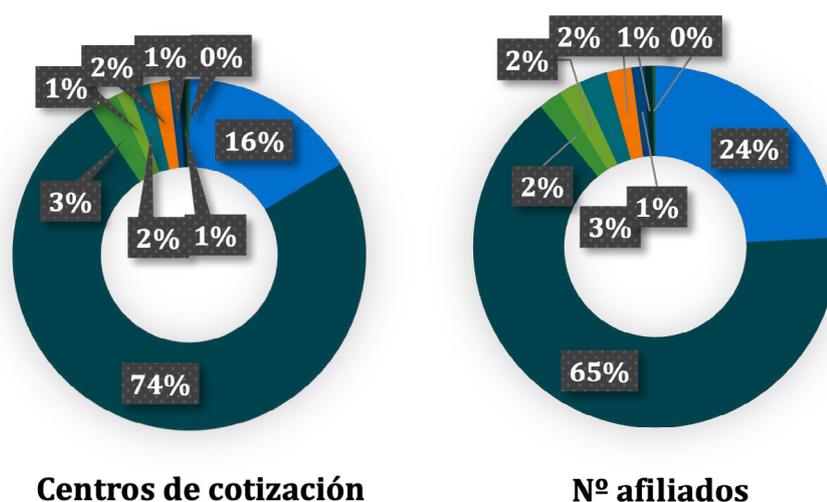


Figura 9. Empresas y personas trabajadoras del sector de la reparabilidad en Europa en 2017. Fuente: IHOBE.

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 España⁶³ realizado en 2020, analiza los datos de empleo de la categoría «CNAE 9522: Reparación de aparatos electrodomésticos y de equipos para el hogar y el jardín». En 2018 había un total de 797 centros de cotización, con un número de 7.202 afiliados⁶⁴. Esto supone un 2,40 % más de afiliados respecto al total de trabajadores en las actividades de la economía circular en 2017 y un 8.32 % más respecto a 2014.

⁶³ https://www.sepe.es/SiteSepe/contenidos/que_es_el_sepe/publicaciones/pdf/pdf_mercado_trabajo/Estudio-prospectiv-ec-Circular.pdf

⁶⁴ 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.



Centros de cotización

Nº afiliados

- Reparación de productos metálicos, maquinaria y equipo
- Mantenimiento y reparación de vehículos de motor
- Venta, mantenimiento y reparación de motocicletas y de sus repuestos y accesorios
- Reparación de ordenadores, equipos periféricos y de comunicación
- Reparación de aparatos electrónicos de audio y vídeo de uso doméstico
- Reparación de aparatos electrodomésticos y de equipos para el hogar y el jardín
- Reparación de calzado y artículos de cuero
- Reparación de muebles y artículos de menaje
- Reparación de relojes y joyería; otros efectos personales y artículos de uso doméstico

Figura 10. 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. 31 de diciembre de 2018).

En relación a lo anterior, son numerosos los estudios que exponen las principales dificultades con las que se encuentra el consumidor y/o la empresa reparadora cuando se quiere proceder a reparar un frigorífico. A continuación, se indican algunos de los obstáculos más comunes, de los que se ampliará su descripción en los siguientes apartados:

- 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 la marca fabricante, o incluso entre diferentes modelos de la misma marca.
- Dificultad en el desmontaje del producto.
- Precios de reparación poco atractivos.

Un problema común a la hora de reparar un frigorífico doméstico es el acceso restringido a información técnica por parte de centros de reparación. Por ejemplo, poder

conocer las piezas que son compatibles entre diferentes modelos de frigoríficos para estos talleres, facilitaría la opción de reparación, así como realizarla a un coste inferior.

Como parte de la aplicación del Plan de Acción de la UE para la economía circular, la Comisión Europea realizó un estudio para el análisis y el desarrollo de un posible sistema de puntuación para informar sobre la capacidad de reparación y mejora de los productos⁶⁵. Los objetivos generales del estudio, descritos en el informe, son:

- 1) Desarrollar un enfoque general para la evaluación de la capacidad de reparar/actualizar productos relacionados con la energía;
- 2) Probar la viabilidad y los tipos de resultados derivados del enfoque general en tres grupos de productos específicos (ordenadores portátiles, aspiradoras y lavadoras).

Aunque los frigoríficos no son uno de los grupos específicos estudiados, el sistema de puntuación se basa en tres pilares comunes a la mayoría de productos:

- Detección de las piezas prioritarias;
- Búsqueda de parámetros clave para la reparación y la mejora;
- Realización de un marco de puntuación.

Además, como ya se comentaba con anterioridad, existen otras iniciativas privadas que ya se han adelantado desarrollando índices de reparabilidad en base a diferentes factores que interfieren a la hora de reparar un producto.

Una iniciativa destacable en este sentido es la llevada a cabo por iFixit; página que ofrece guías de reparación y desmontaje para frigoríficos⁶⁶.

En estos momentos, además del índice de reparabilidad francés⁶⁷ (dirigido por GIFAM), existen dos distribuidores en Francia que han tomado la delantera presentando

⁶⁵ Cordella, M., Alfieri, F. and Sanfelix Forner, J., Analysis and development of a scoring system for repair and upgrade of products, EUR 29711 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-01602-1, doi:10.2760/725068, JRC114337.

⁶⁶ <https://es.ifixit.com/Device/Refrigerator>

⁶⁷ Índice de reparabilidad francés para lavadoras: <https://www.indicereparabilite.fr/grilles-de-calcul/>; <https://www.gifam.fr/accueil/gem/le-lave-linge/#chiffres-cls>

A fecha de noviembre de 2018, estaban estipulados 5 grupos sobre los que se iba a aplicar el índice de reparabilidad francés: Lavadoras (dirigido por: GIFAM), ordenadores portátiles (dirigido por FNAC-DARTY), teléfonos móviles (dirigido por REMADE), cortadoras de césped (dirigido por FMB, SECIMPAC / FICME, UNIBAL) y TV (dirigido por SECIMAVI). <https://www.gifam.fr>

En 2024 Francia tiene pensado aumentar sus esfuerzos con la implantación de un índice de durabilidad, que informará a los consumidores de cuánto tiempo se espera que duren los productos.

sus propios índices de reparabilidad: Spareka y Fnac Darty⁶⁸. Spareka⁶⁹, especialista en la venta de repuestos, 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 es aplicable a grandes y pequeños electrodomésticos y aparatos de jardinería. La página permite filtrar por tipo de electrodoméstico, marca y modelo concreto de frigorífico.

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 a consumidores como a fabricantes, la reparabilidad frente a la obsolescencia como forma de reducir la huella ecológica, el Ministerio de Consumo anunció⁷⁰ que 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 que 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, en España hasta ahora existía la obligación de tener disponibles piezas de re-cambio durante 5 años de los aparatos discontinuados. Sin embargo, a partir del 1 de enero de 2022, son 10 años según la última actualización del Real Decreto Legislativo 1/2007 de 16 de noviembre⁷¹, debido a la publicación del Real Decreto-ley 7/2021, de 27 de abril⁷², lo que va a permitir reparaciones que antes no se podrían dar⁷³. Además, el fabricante tendrá que incluir un manual de reparación y asegurarse de que los productos puedan ser desmontados para su 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 con-

⁶⁸ 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.

<https://www.fnacdarty.com/>

⁶⁹ https://www.spareka.fr/pieces_detachees_electromenager/refrigerateur

⁷⁰ Nota de prensa (15/03/2021): https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/consumo/Paginas/2021/150321-etiqueta_reparabilidad.aspx

⁷¹ 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: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-20555>

⁷² 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.

https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-6872

⁷³ De aplicación según el artículo 127 bis para los bienes indicados en el artículo 114 del citado Real Decreto-ley 7/2021 (texto consolidado).

sumidores en la economía circular, proponiéndose medidas relativas al derecho a la reparación: disponibilidad de información sobre servicios de reparación, manuales y piezas de recambio. Acorde a este requerimiento y las posteriores medidas en torno a EC, se llevó a cabo la aprobación del Reglamento (UE) 2019/2019 de la comisión de 1 de octubre de 2019, por el que se establecen los requisitos de diseño ecológico aplicables a los aparatos de refrigeración de conformidad con la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y se deroga el Reglamento (CE) nº 643/2009 de la Comisión¹⁰. En él se incluyen por primera vez requisitos para la reparabilidad y reciclabilidad, con los que se pretende mejorar la vida útil, mantenimiento, reutilización, actualización y gestión de residuos para este tipo de productos.

3.4.1. Fallos más comunes en frigoríficos domésticos

En el estudio llevado a cabo por la Comisión Europea y la consultora Ricardo-AEA¹¹, y que posteriormente fue incluido en el Informe Final del Estudio de Revisión Preparatoria de la normativa vigente sobre diseño ecológico y etiqueta energética para los aparatos de refrigeración domésticos²³, se recopila la información obtenida a partir del grupo de consumidores inglés *Which?*, de los problemas más comunes en los frigoríficos:

- Acumulación de hielo en el frigorífico por juntas dañadas, defectuosas, desgastadas o mal alineadas.
Es frecuente que las juntas se desgasten a medida que el aparato envejece, o se dañen o rompan con el uso. Además, una mala alineación de la junta, debido al cambio de orientación de la apertura de la puerta o, en aparatos integrados, porque la puerta exterior del mueble no se encuentra alineada e impide que la puerta se cierre correctamente, puede provocar acumulación de hielo. Este fallo también puede deberse a que la ventilación no funciona de manera correcta, usualmente ocasionado por una obstrucción o por problemas en el termostato, el fusible térmico, el sensor de temperatura o termistor.
- Cajones o unidades rotas o agrietadas
Debido al mal uso del consumidor o a la mala selección de materiales elegidos para los compartimentos de almacenaje, bisagras o tiradores que no le dan la robustez suficiente para soportar el peso cargado (con uso normal del aparato).
- Agua en el fondo del frigorífico
Debido en mayor medida a un bloqueo del desagüe por el mal uso o limpieza del aparato.

- Temperaturas incorrectas

El aparato puede no enfriar correctamente por problemas relacionados con el compresor y sus componentes, por fallos en el termostato, en los controles electrónicos, por rotura del termistor o sonda, por la quema del compresor debido a una sobrecarga o por fallo de los ventiladores.

También se pueden producir problemas de refrigeración como resultado de la mala colocación del aparato, cuando se deja un espacio inadecuado entre la pared y la unidad, lo que provoca que el condensador no pueda funcionar correctamente. Para resolver este problema, cada vez más aparatos disponen de «espaciadores» que permiten ajustar la distancia correcta a la pared.

En muy raras ocasiones, la refrigeración deficiente está asociada a la fuga del refrigerante del aparato, que se produce por la mala calidad de las tuberías o si las tuberías no están sujetas correctamente, lo que provoca daños en las juntas.

- Luz interior

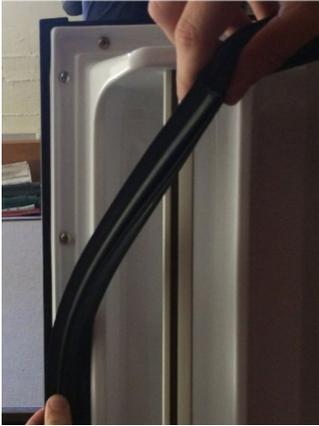
Con el cambio de bombillas incandescentes a LED, este fallo es menos frecuente, ya que la variación de temperatura no afecta de igual manera a la luminaria. Sin embargo, en frigoríficos más antiguos, solía ser uno de los fallos más comunes a los que se enfrentaba el consumidor.

Según este estudio de la Comisión Europea¹¹ sobre la durabilidad de los productos, desde un punto de vista mecánico, y a partir de diferentes fuentes recopiladas, los componentes que más suelen fallar en los frigoríficos, por orden descendente, son:

- Termostatos.
- Tubos y juntas del gas refrigerante, que conlleva a necesitar el remplazo del gas.
- Compresor (por problemas con las válvulas que a veces no son lo suficientemente resistentes o una mala protección térmica interna que provoca que el compresor se queme).
- Resistencia *defrost* (y controles).
- Juntas de la puerta.
- Sensor del termostato o termistor.
- Bisagras de la puerta.
- Motor de los ventiladores.

En la tabla 7, se ofrece una recopilación de las principales piezas, sus fallos y los principales obstáculos que pueden presentarse para su reparación.

Tabla 7. Principales fallos, piezas o componentes implicados y obstáculos para su reparación. Fuente: elaboración propia.

PIEZA	FALLOS	FUENTE	OBSTÁCULOS PARA REPARAR	FUENTE
<p>Juntas de las puertas</p> 	<p>Desgaste, roturas o grietas que provocan acumulación de hielo en el interior.</p>	<p>Rreuse (2013)⁷⁴; Boulos et al., (2015)¹¹</p>	<p>Las juntas de la puerta pueden ser sustituidas, pero deben ser reemplazadas por una idéntica. Algunos frigoríficos tienen la junta pegada, otros fijada con tornillos y, en otros casos, la junta se quita tirando fácilmente hacia afuera. Cada vez hay más modelos que los fusionan a la puerta y los hacen imposibles de sustituir, lo cual se traduce en la necesidad de reemplazar toda la puerta. Dificultad de reutilización a partir de aparatos más viejos.</p>	<p>Rreuse (2013)⁷⁴; Deloitte (2016)⁷⁵</p>
<p>Termostato</p> 	<p>Fallos en la temperatura</p>	<p>Boulos et al., (2015)¹¹</p>	<p>Cada aparato está dotado de un termostato diferente y en ocasiones es difícil encontrar el específico.</p>	<p>Deloitte (2016)⁷⁵</p>
<p>Sensor del termostato (sensores de frío NTC o termistores)</p> 	<p>Temperatura incorrecta Acumulación de hielo</p>	<p>Rreuse (2013)⁷⁴; Boulos et al., (2015)¹¹</p>	<p>Cambios rápidos de diseño. Dificultad para encontrar piezas de repuesto. Placa específica de la marca del frigorífico a reparar: aumento del coste.</p>	<p>Rreuse (2013)⁷⁴</p>
<p>Placa de circuito electrónico y teclado</p> 	<p>En frigoríficos con placas electrónicas, es más probable que el fallo que provoca una temperatura incorrecta esté en la placa y no en la sonda de temperatura.</p>	<p>Rreuse (2013)⁷⁴; Boulos et al., (2015)¹¹</p>	<p>Cambios rápidos de diseño. Dificultad para encontrar piezas de repuesto y caras de sustituir. Placa específica de la marca del frigorífico a reparar: aumento del coste. Integrados en el diseño de la puerta.</p>	<p>Rreuse (2013)⁷⁴; Deloitte (2016)⁷⁵</p>

⁷⁴ Rreuse (2013). Investigation into the Repairability of Domestic Washing Machines, Dishwashers and Fridges. <https://rreuse.org/investigation-into-the-repairability-of-domestic-washing-machines-dishwashers-and-fridges/>

⁷⁵ Deloitte (2016) Study on Socioeconomic impacts of increased reparability – Final Report. Prepared for the European Commission, DG ENV.

PIEZA	FALLOS	FUENTE	OBSTÁCULOS PARA REPARAR	FUENTE
Compresor	 <p>Válvulas no suficientemente fuertes, falta de protección térmica interna. Fallos de la válvula: superposición con la placa de la válvula, material débil, borde afilado de la placa de la válvula. Falta de tratamiento térmico en el cigüeñal.</p>	Rreuse (2013) ⁷⁴ ; Woo and O'Neal (2019) ⁵⁹ ; Jomde et al., (2017) ⁷⁶	Reparación de alto coste.	
Conducto o tubo de gas refrigerante	 <p>Fugas de líquido refrigerante.</p>		Dificultad de detección de fugas porque cada vez está más integrado en el aparato.	Rreuse (2013) ⁷⁴ ; Deloitte (2016) ⁷⁵
Carcasa/ Puerta Tornillos y fijaciones	 <p>Fractura del sistema de bisagras de la puerta. Defectos en el material de la cubierta de las bisagras de las puertas</p>	Woo and O'Neal (2019) ⁵⁹	Dificultad para separar los componentes individuales. Integrados en la puerta. El uso de tornillos y fijaciones patentados que requieren herramientas especializadas.	Rreuse (2013) ⁷⁴ Deloitte (2016) ⁷⁵
Resistencia de desescarche (defrost)/condensador	 <p>Fallo poco grave pero frecuente.</p>		Dificultad para su reemplazo por su ubicación en el frigorífico, muchas veces integrados en la carcasa.	Rreuse (2013) ⁷⁴
Fuentes luminosas	 <p>Dificultad de encontrar la luminaria específica para el modelo. Dificultad de desmontaje.</p>			https://es.ifixit.com/Device/Refrigerator

⁷⁶ Jomde, A., Bhojwani, V., Kedia, S., Jangale, N., Kolas, K., Khedkar, P., & Deshmukh, S. (2017). Failure modes effects and criticality analysis of the linear compressor. *Materials Today: Proceedings*, 4(9), 10184-10188.

3.4.2. Maquinaria o herramientas necesarias para la reparación

Tal y como viene recogido en el Reglamento (UE) 2019/2019 de la comisión de 1 de octubre de 2019¹⁰, en su apartado 3, letra d, a partir del 1 de marzo de 2021 *los fabricantes, importadores o representantes autorizados velarán por que los aparatos de refrigeración se diseñen de manera que los materiales y componentes contemplados en el anexo VII de la Directiva 2012/19/UE puedan retirarse empleando herramientas corrientes.*

Este punto cobra gran importancia, ya que es común que los frigoríficos contengan tornillos y piezas fijadoras que requieran herramientas específicas para su manipulación, las cuales en muchas ocasiones están disponibles solo para los proveedores de servicios postventa de los fabricantes. Un claro ejemplo para el caso del producto en cuestión, es que para diagnosticar fallos en algunos frigoríficos son necesarios instrumentos específicos y certificaciones concretas para trabajar con los líquidos refrigerantes R314a. Otro ejemplo, es la necesidad de contar con el *hardware* específico para algunas conexiones mecánicas (*Lokring®*) si el circuito contiene el fluido R600a⁷⁴ (presente ya en el 98 % de los electrodomésticos de refrigeración²³).

Además, en páginas oficiales de reparación como iFixit o Spareka se especifican algunas de las herramientas necesarias para reparar frigoríficos.

3.4.3. Facilidad de desmontaje

Según el estudio realizado por Rreuse (2013)⁷⁴, se ha comprobado que el diseño del frigorífico puede interferir claramente en la posibilidad de reparar ciertos componentes. Por ejemplo, el teclado del controlador suele encontrarse integrado en la puerta, lo cual dificulta su acceso, o la ubicación de la resistencia en el interior del frigorífico que, en muchas ocasiones, suele obstaculizar su remplazo.

Otros componentes, como los tubos por los que circula el gas refrigerante cada vez se encuentran más acoplados al armario del electrodoméstico. Esto supone mayor dificultad para detectar fugas internas, lo cual se traduce en un impedimento a la hora de poder reparar el aparato por muchas casas de reparación y reciclaje.

En cuanto a la facilidad de desmontaje, en el informe de Cordella et al., (2019)⁶⁵ se registraron opiniones divididas:

- Por un lado, hay quienes piensan que la dificultad de desmontaje, por ejemplo, expresada en términos de pasos de desmontaje, es importante para identificar las piezas prioritarias. Sin embargo, hay que tener en cuenta que existen dife-

rentes tipos de aparatos. Por ejemplo, un frigorífico independiente tendrá menos pasos para acceder a una determinada pieza que un frigorífico empotrado.

- Por otro lado, hay quien no considera relevante la dificultad para realizar el desmontaje a la hora de valorar la importancia de las piezas que hay que reparar/actualizar. Esto podría considerarse más bien como un resultado de la evaluación, y no como un elemento para decidir qué debe evaluarse, ya que esto último depende principalmente de la frecuencia de los fallos/actualizaciones.

Algunas partes interesadas sugirieron que se hiciera referencia a la medición de los tiempos de desmontaje y remontaje basándose en unidades de tiempo estándar, en lugar de considerar únicamente los pasos de desmontaje.

Según el proyecto Agboglobloshie Makerspace Platform (AMP) los pasos a seguir para el desmontaje de un frigorífico serían los siguientes⁷⁷:

1. Retirada y separación de componentes interiores.
2. Desconexión del condensador y descarga de cargas en exceso del mismo mediante el uso de una resistencia de potencia.
3. Corte de los cables de cobre en la parte inferior para poder sacar el compresor.
4. Apertura del motor para extraer el cobre.
5. Desatornillado de juntas para retirar el condensador.
6. Retirada de la espuma de poliuretano de la carcasa de aislamiento y empaquetar para eliminar correctamente.
7. Separar el cuerpo de acero mediante cincel y un mazo.
8. Retirada de todos los demás cables.
9. Una vez se han desconectado todos los componentes, deben quedar documentados cada uno.

3.4.4. Disposición y coste de los recambios

Según lo recogido en el Anexo II del Reglamento (UE) 2019/2019 de la comisión de 1 de octubre de 2019 por el que se establecen los requisitos de diseño ecológico aplicables a los aparatos de refrigeración¹⁰, a partir del 1 de marzo del 2021, en lo relativo a la disponibilidad de las piezas de recambio de los aparatos de refrigeración los fabricantes, importadores o representantes autorizados de aparatos de refrigeración pondrán a disposición de los reparadores profesionales, al menos, las piezas de recambio siguientes durante un período de, como mínimo, siete años tras la introducción en el mercado de la última unidad del modelo:

⁷⁷ <https://qamplify.files.wordpress.com/2014/03/manual-fridge-sample-new.pdf>

- Termostatos
- Sensores de temperatura
- Placas de circuitos impresos
- Fuentes luminosas

Estas piezas y el procedimiento para encargarlas serán accesibles públicamente a través del sitio web de libre acceso del fabricante, importador o representante autorizado, a más tardar dos años después de la introducción en el mercado de la primera unidad del modelo y hasta el fin del período de disponibilidad de dichas piezas de recambio.

Además, y durante el mismo periodo de tiempo, *«los fabricantes, importadores o representantes autorizados de aparatos de refrigeración pondrán a disposición de los reparadores profesionales y los usuarios finales, al menos, las piezas de recambio siguientes: mangos de puerta, bisagras, bandejas y cestos, y las juntas de puerta durante un período de, como mínimo, diez años tras la introducción en el mercado de la última unidad del modelo»*. Y, como en el caso anterior, estas piezas y el acceso a los manuales de reparación serán publicados en la web del fabricante desde la introducción de la primera unidad del modelo y hasta el fin del periodo de disponibilidad de dichas piezas.

También, en el citado Reglamento se establecen los criterios sobre el acceso a la información correspondiente a la reparación y mantenimiento de los aparatos de refrigeración para los reparadores profesionales, así como los plazos de entrega de las piezas de recambio.

La placa de circuito electrónico suele presentar cambios frecuentes en el diseño y suele ser muy cara de remplazar y encontrar como repuesto. Además, es necesario adquirir la placa correspondiente al modelo que se quiere reparar, algo que incrementa el precio. Hay piezas que se pueden recuperar de electrodomésticos que se han descartado, como los cajones, estantes, o las manecillas. Sin embargo, otros como los selladores de goma o los termostatos no suelen estar disponibles para reutilizar⁷⁴.

Coste de la reparación de las piezas

Además del precio a pagar por las piezas de recambio, los servicios técnicos encargados de realizar la reparación aplican una serie de tarifas correspondientes a la mano de obra, desplazamiento y elaboración de presupuestos.

Actualmente, existen varias webs de venta directa de piezas de recambio, independientes a las oficiales del servicio técnico, que ofrecen al consumidor la posibilidad

de comprar el repuesto para repararlo el mismo⁷⁸. En la tabla 8 se exponen algunos de estos precios que el consumidor puede encontrar al reparar su electrodoméstico.

Tabla 8. Tarifas de reparación según las piezas del frigorífico. Fuente: <https://doctorelectro.es/tarifas-de-reparacion-por-averia-por-aparato/>

Piezas	Precio
Bombilla, interruptor de puerta, bandeja evaporación, kit de arranque	69 €
Condensador electrolítico, bisagras de la puerta, tirador de la puerta	89 €
Ventilador, programador, sonda electrónica	99 €
Junta de goma, resistencia, fusible térmico, termostato, bisagras puerta	109 €
Resistencia de evaporadora	139 €
Válvula 3 vías	149 €
Módulo electrónico	209 €
Puerta (gama media)	259 €
Módulo de control y módulo de potencia	279 €

Además, cada marca dispone de un servicio oficial de asistencia técnica. En la siguiente tabla pueden verse los precios con los que trabaja la empresa Miele:

Tabla 9. Tarifas de asistencia técnica de la marca Miele en España con impuestos incluidos. Fuente: <https://m.miele.es/media/ex/es/bases-legales/2020/tarifas-asistencia-tecnica-dom.pdf>

Precio del Servicio Técnico Especializado ^{79*}	Unidad	Península y Baleares (21 % IVA)	Canarias (7 % IVA)	Ceuta y Melilla (4 % IVA)
Mano de obra para grandes electrodomésticos	1 min	1,16 €	1,03 €	1,00 €
	5 min	5,80 €	5,13 €	4,99 €
	60 min	69,60 €	61,55 €	59,82 €
Tasa de desplazamiento Zona 1 (≤25 km)	L-V	52,00 €	45,98 €	44,69 €
	Sábados	82,00 €	72,51 €	70,48 €
Tasa de desplazamiento Zona 2 (≥25 km)	L-V	60,00 €	53,06 €	51,57 €
	Sábados	98,00 €	86,66 €	84,23 €
Tasa fija de confección de presupuesto no aceptado para línea blanca**	1 un.	79,00€	69,86 €	67,90 €

⁷⁸ Algunos ejemplos pueden ser: <https://www.todorepuestosselectro.com/lavadora/escobillas>, <https://www.electrotodo.es/recambios-lavadora> o www.amazon.es

⁷⁹ *Los precios se refieren exclusivamente al servicio, el precio de las piezas correrá a cargo del usuario. **El usuario tiene derecho a un presupuesto previo por escrito de las reparaciones o servicios solicitados y se pagará solo en caso de que no se acepte.

De acuerdo con la asociación comercial europea APPLiA, en su informe de 2019-2020, se repararon el 91 % de las peticiones de reparación de grandes electrodomésticos en 2018. También reflejan el desglose del coste de las actividades de reparación de estos productos, dando como resultado que el 44 % del precio correspondía con la mano de obra, el 39 % con el coste de las piezas de repuesto y el 16 % al transporte⁸⁰.

En el ya citado informe de ADEME⁴² se recogieron los costes medios de reparación obtenidos después de realizar una encuesta entre reparadores de las averías más frecuentes. Para los frigoríficos, el fallo más frecuente reparable técnica y económicamente⁸¹, es el remplazo del termostato. En la tabla se recogen los precios medios de la reparación con IVA incluido (en euros), sin incluir los costes de transporte del aparato, pero sí el coste de desplazamiento del técnico en 2019 en Francia. El coste de reparación del termostato varía según la categoría o precio inicial de compra del frigorífico [cifra que se incorpora entre corchetes]:

Tabla 10. Precios medios (€, IVA incluido) del remplazo del termostato en Francia en 2019 [según el precio de compra del aparato]. Fuente: propia a partir de ADEME.

Remplazo del termostato en	Precio medio reparación [precio medio de compra]	Precio de reparación [precio medio de compra de aparato de baja calidad (1er nivel)]	Precio de reparación [precio medio de compra de aparato de alta calidad (3er nivel)]
Frigorífico de una puerta y volumen de 247 l	115 € [326 €]	100 € [120 €]	136€ [450 €]
Frigorífico combinado de un volumen de 215 l de frigorífico y 79 l de congelador	107 € [418 €]	74 € [259 €]	131 € [503 €]

3.4.5. Tiempo de disposición de actualizaciones en el mercado del software en función del año del modelo

En el ya citado Reglamento se establece que «*siempre que se hayan medido con la misma norma de ensayo que la utilizada originalmente para la declaración de conformidad, ni el consumo de energía del producto ni ninguno de los demás parámetros declarados empeorarán tras una actualización del software o del firmware, excepto con el consentimiento expreso del usuario final antes de la actualización*».

⁸⁰ APPLiA «By the numbers: The Home Appliance Industry in Europe, 2019-2020»: <http://statreport2019.applia-europe.eu/files/applia-statistical-report-2020.pdf>

⁸¹ Según la encuesta de reparadores FEDELEC de junio-julio de 2019.

También, viene recogido que el fabricante o representante autorizado puede establecer unos cánones para el acceso a las actualizaciones periódicas del producto, siempre y cuando estas no desincentiven la obtención de dicha información por parte de los reparadores profesionales.

Por otro lado, existe una creciente incorporación de productos inteligentes en los electrodomésticos de gama blanca, y se prevé un incremento anual del 14,1 % para el periodo de 2020 a 2027 para estos productos, en los que están incluidas los frigoríficos⁸². Estos dispositivos se pueden manejar a través de aplicaciones vía *smartphones*, *tablets* u ordenadores, de manera que los usuarios pueden controlar de forma remota las diferentes funciones de estos electrodomésticos.

Sin embargo, según una publicación del grupo de consumidores inglés *Which?*⁸³, existe una falta de regulación sobre las políticas de privacidad para los aparatos inteligentes controlados mediante dispositivos (los cuales recopilan una gran cantidad de información y datos del usuario), además de la inexistencia de normativa que establezca durante cuánto tiempo deben proveer de actualizaciones del *software* a estos aparatos. Según fueron preguntadas algunas marcas, unas aseguraron una duración de las actualizaciones durante 10 años, otras un mínimo de 2 años y otras simplemente, la vida del producto, lo cual deja patente el vacío legal sobre el mantenimiento de *softwares* para esta nueva generación de electrodomésticos.

3.4.6. Propuestas para mejorar la reparabilidad del producto

Tras la apuesta de Europa por conseguir alcanzar el residuo cero a través de mecanismos encaminados hacia la economía circular, se hace necesaria la mejora de algunos aspectos como es la reparabilidad de los productos para que se mantengan más tiempo en uso y no se descarten como residuo de forma prematura.

Existen características de los electrodomésticos que suelen ser motivo de fallos funcionales comunes y que suponen problemas a los consumidores. Estos fallos, así como otros que no afectan a la función principal del producto, se podrían solventar a través de requisitos de **ecodiseño**, ya que, por el contrario, los usuarios se ven obligados a desechar los electrodomésticos de forma prematura. Los componentes identificados para frigoríficos en los que podría ser beneficioso su rediseño son¹¹:

- Tubos de drenaje
- Sellos de las puertas
- Lámparas

⁸² <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/smart-home-appliances-market>

⁸³ <https://www.which.co.uk/news/2020/06/the-truth-behind-smart-appliance-security-updates/>

- Termostato y controles electrónicos
- Guías de usuario
- Reparabilidad

Por ello, en este informe se han identificado una serie de factores que actualmente suponen un obstáculo, tanto para talleres de reparación como consumidores, a la hora de acceder a la reparación de frigoríficos. En este sentido, se proponen en el presente apartado opciones de mejora para alcanzar satisfactoriamente lo mencionado anteriormente, como los que se proponen en el estudio Rreuse 2013⁷⁴: diseño que facilite el desmontaje de los frigoríficos para su reparación, estandarización de componentes para facilitar las reparaciones independientemente de las marcas o modelos de los productos, facilitar el acceso a los *software*, *hardware* y manuales de servicio para las empresas reparadoras y consumidores.

Por otro lado, y dado que uno de los motivos más frecuentes por los que el usuario o consumidor no repara su frigorífico es porque comprar uno nuevo es más barato, sería conveniente valorar la posibilidad de que las reparaciones fueran capaces de competir con el precio de los nuevos productos. Existen iniciativas llevadas a cabo en Austria, donde han impulsado bonos de reparación que cubren hasta el 50 % del coste de la misma (con un límite máximo de 100€)⁸⁴.

Además, también sería beneficioso acciones conjuntas entre los diferentes agentes y sectores a los que afecta la obsolescencia prematura de productos, como sería la creación de alianzas entre empresas reparadoras, administración, asociaciones, institutos de investigación o consumidores. De esta manera se facilitaría y aumentaría el conocimiento entorno a este sector suponiendo posiblemente un impacto global positivo en la cultura de la reparación⁸⁵.

Como se comentaba, es importante también la implicación por parte de la ciudadanía y consumidores para conseguir los objetivos de reparación. Existen iniciativas que actualmente luchan activamente por conseguir que la opción de reparación no sea un obstáculo a la hora de alargar la vida útil de un producto. *Right to Repair*⁸⁶ es la unión de varias organizaciones como ecos, EEB, Ifixit, RunderTisch Reparatur o Restart, que tienen por objetivo informar a la ciudadanía de la actual problemática entorno a la reparación de productos, presionan a las administraciones para que los aparatos cuenten con un diseño reparable, que el acceso a las piezas de reparación sea ase-

⁸⁴ Laitala, K., Klepp, I. G., Haugrønning, V., Throne-Holst, H., & Strandbakken, P. (2021). Increasing repair of household appliances, mobile phones and clothing: Experiences from consumers and the repair industry. *Journal of Cleaner Production*, 282, 125349.

⁸⁵ Jaeger-Erben, M., Frick, V., & Hipp, T. (2021). Why do users (not) repair their devices? A study of the predictors of repair practices. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125382.

⁸⁶ <https://repair.eu/es/news/european-green-deal-promises-reusable-durable-and-repairable-products/>

quible para consumidores y empresas de reparación o proponen el impulso de una eco-etiqueta europea que informe sobre la reparabilidad de los productos.

No obstante, en relación a este último punto, desde hace algunas décadas comenzaron a surgir certificados o etiquetas a nivel mundial que garantizan una serie estándares ambientales relacionados con la extracción de materias primas, las fases de producción, distribución y eliminación del producto, promoviendo así la economía circular. Por lo que esto se plantea como otra posible mejora a adoptar y generalizar entre los fabricantes de frigoríficos, adquiriendo **etiquetas o certificados** oficiales que ofrezcan información sobre los requisitos medioambientales que cumplen sus productos de cara a mejorar la transparencia con los usuarios.

Desde la Comisión Europea, se desarrolló en 1992 una Etiqueta Ecológica Europea (EEE) o «**Eco-label**». Por medio de la Directiva de Ecodiseño se restringe la puesta en el mercado de aquellos AEE que no cumplen con unos estándares mínimos de comportamiento ambiental, mientras que la EEE es un instrumento voluntario que eleva el comportamiento con la que se garantiza para los frigoríficos lo siguiente:

- Menos consumo de energía (eficiencia energética A+ o A++).
- Reducción de sustancias con un potencial de agotamiento de la capa de ozono o de calentamiento global.
- Limitación de sustancias para la salud o el medio ambiente.
- Limitación de ruido.
- Diseñados para ser fácilmente desmontados y reciclados.
- Manual de instrucciones para un uso ambientalmente correcto.
- Retirada del aparato tras su uso para reciclado.



Figura 11. Logo de la ecoetiqueta europea «Eco-label». Fuente: <https://ec.europa.eu/environment/archives/ecolabel/pdf/marketing/brochures/es/fridges.pdf>

Además, existen otros distintivos para las empresas u organizaciones que garantizan una serie de compromisos con el medio ambiente, tales como el sello que ofrece la Fundación Energía e Innovación Sostenible sin Obsolescencia Programada (FENISS), denominado sello ISSOP (Innovación Sostenible Sin Obsolescencia Programada).



Figura 12. Logo del sello ISSOP. Fuente: <https://feniss.org/sello-issop/>

Finalmente, cabe mencionar que la EEE no dispone de unos umbrales tipo, por lo que en mayo de 2013⁸⁷ la UE presentó los estándares para la determinación de la **Huella Ambiental de Producto (HAP; Product Environmental Footprint, PEF)**. A diferencia de la EEE, con la HAP se crean unos parámetros de referencia para productos finales, que describen el rendimiento del producto medio en el mercado. Eso permite saber si un producto es mejor o peor que la media. La HAP de la Unión Europea es una metodología para calcular el impacto medioambiental total de los productos. Su objetivo es permitir el suministro de información fidedigna y comparable sobre los productos, promoviendo un mercado único en la UE para los artículos ecológicos. Se trata de disponer de unos criterios claros y normalizados, que den consistencia y reproducibilidad para que las empresas de cada sector que lo deseen, puedan elaborar la HAP con criterios homogéneos y dando resultados comparables.

Ya se han realizado las pruebas piloto de la HAP con una amplia variedad de artículos, desde la cerveza hasta las baterías, pasando por la pintura y los suministros eléctricos⁸⁸.

⁸⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2013:124:FULL&from=EN>

⁸⁸ Más información sobre los proyectos piloto de HAP: https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/ef_pilots.htm

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

1. Introducción

Aunque en la primera parte del informe ya se introdujo el concepto de durabilidad y reparabilidad de los frigoríficos, en esta parte se profundizará en la prolongación o extensión de la vida útil de los productos y su implicación ambiental y de costes desde el análisis del ciclo de vida (ACV) y el análisis de costes del ciclo de vida (ACCV).

La política europea de productos se ha centrado, hasta ahora, en el rendimiento medioambiental de los productos basándose principalmente en el rendimiento energético a través de las Directivas de diseño ecológico y etiquetado ecológico. La Directiva de diseño ecológico⁹, establece unas normas mínimas de rendimiento energético de los productos, lo que promueve que los que sean de bajo rendimiento se retiren del mercado, al tiempo que impulsa la innovación en el diseño y la fabricación de nuevos productos para mejorar su rendimiento energético. Por su parte, la etiqueta ecológica proporciona a los consumidores información clara sobre el rendimiento energético de los productos para que puedan tomar decisiones de compra. Las normas son una forma probada de dirigir el mercado en la dirección deseada y, cada vez se establecen más normas mínimas de rendimiento energético para un mayor número de productos. De hecho, aunque originalmente estaba concebida para los productos que utilizan energía, se han ampliado a otros relacionados con la energía y se están empezando a desarrollar metodologías de evaluación para incluir otros aspectos como los materiales y el consumo de agua, pero también requisitos de economía circular. Y es en este momento cuando la durabilidad o extensión de vida del producto juega un papel primordial en la reducción del impacto medioambiental de los productos durante su vida útil.

En términos de economía circular, mantener el primer uso de un producto es, en principio, el mejor enfoque para cerrar los circuitos de recursos, ya que cualquier forma de renovación, refabricación, reprocesamiento o reciclaje requieren necesariamente una inyección de recursos adicionales y una posible degradación de la funcionalidad del producto o del valor material. En esta segunda parte del informe, se partirá de una hipótesis de trabajo que incluirá la comparativa entre dos productos teóricos con un comportamiento ambiental diferente en términos de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad. Sin embargo, aunque numerosos estudios certifican que aumentar la vida de los productos supone una estrategia a considerar para mejorar el perfil ambiental de éstos, en el informe de la Comisión Europea sobre la durabilidad¹¹ se expone que hay muchos factores a tener en cuenta antes de poder evaluar plenamente los beneficios de la extensión de la durabilidad de los productos.

En esta segunda parte del informe, se pretende realizar un estudio comparativo simple desde una perspectiva ambiental (análisis del ciclo de vida) y de costes económicos (análisis de costes del ciclo de vida) entre un producto estándar, con valores de referencia de comportamiento equivalentes a modelos que puedan estar operativos en el mercado (caso base), y un caso mejorado mediante estrategias de diseño para alargar la vida útil del producto.

Llegado este punto, cabe destacar las dificultades encontradas a la hora de trabajar sin la colaboración del sector, de asociaciones de consumidores, de plantas de tratamiento de residuos o de un laboratorio de pruebas, por lo que los modelos se han definido a modo de ejemplo, siendo ficticios, y no representan un producto en concreto en el mercado (ver apartado [de limitaciones para la elaboración del estudio](#)).

Ya que muchos de los datos requeridos a la hora de realizar un ACV y un ACCV son considerados confidenciales por los fabricantes, gestores de residuos, reparadores, etc. y no están disponibles, el presente informe ha de considerarse meramente teórico o demostrativo de cómo se deberían orientar estos tipos de estudios y del tipo de resultados que se pueden obtener, y no tanto un estudio exhaustivo y completo, ya que para ello sería preciso contar con la participación y los datos más actualizados del sector.

Todos los valores que se presentan, tienen un origen teórico extraídos de fuentes bibliográficas o aportadas por el IHOBE¹⁰⁴, como fruto de su colaboración en el estudio sobre obsolescencia de lavadoras llevado a cabo.

2. Objetivo

En los siguientes apartados se presenta una comparativa de dos modelos diferentes (caso base y caso mejorado), aplicando el ACV y ACCV de ambos modelos, con la finalidad de analizar las implicaciones ambientales y de costes de alargar la vida útil del producto, considerando todo su ciclo de vida.

Para el ACV se utilizará el software Simapro, mientras que para el ACCV se utilizará un archivo de Excel de elaboración propia. *(Disponibile para su consulta en la Tabla BOM+ACV+ACCV_frigoríficos y cuyo índice de contenido se adjunta en el Anexo 1).*

Al tratarse de una comparativa, aquellos aspectos del ciclo de vida del producto que se consideran equivalentes en ambos casos no se han evaluado, haciéndose énfasis únicamente en las diferencias de ambos modelos. Cabe destacar en este sentido que, al no contemplarse mejoras de diseño que impliquen una mejora en la eficiencia energética, ésta se considera equivalente en ambos casos, no analizándose este aspecto en la fase de uso del producto. Sin embargo, estas estimaciones (definidas en

los siguientes apartados) hacen que los resultados de los ACV/ACCV del estudio no se puedan considerar como análisis completos del producto, ni permite la comparativa de los resultados con estudios similares.

3. Alcance y límites del sistema

Basándonos en la norma ISO 14040 y en el objetivo del estudio, se ha dividido el ciclo de vida de un frigorífico en una etapa de producción (que incluye la extracción de materias primas, la producción de piezas y el montaje), una etapa de transporte o distribución, una etapa de uso y una etapa de eliminación o fin de vida.

Los límites del sistema se definen en la tabla siguiente (tabla 11) y el esquema del proceso en el [Anexo 3](#).

Tabla 11. Alcance y límites del sistema en el estudio comparativo de ACV. Fuente: elaboración propia.

FASES CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO	LÍMITES DEL SISTEMA	OBSERVACIONES
1. Extracción y procesamiento de materias primas.		
Para los componentes del frigorífico	INCLUIDO	Se consideraran los principales materiales (en g) que son necesarios para la fabricación de cada uno de los componentes.
Para los componentes del frigorífico	EXCLUIDO	Se excluyen los materiales cuyos pesos sean despreciables en fabricación de cada uno de los componentes. Los pesos de algún de estos materiales han sido sumados a otros de su misma familia más abundantes.
Para los componentes del frigorífico	INCLUIDO	Se considera que los procesos necesarios para la extracción y transporte de los materiales hasta la planta de fabricación del frigorífico se incluyen en la Base de Datos ECOINVENT. Se excluyen los flujos de residuos y emisiones (aire y agua) generadas en esta fase. Datos secundarios base datos ECONVENT.
Para los accesorios (instrucciones, CD-ROM de controladores, etc.)	EXCLUIDO	Se considera igual en ambos casos.
Para el embalaje	INCLUIDO	Se consideraran los principales materiales (en g) que son necesarios para la fabricación.
2. Fabricación de componentes (submontaje)		
Para montaje de cada uno de los componentes	INCLUIDO	Se incluyen los pesos de los principales materiales (en g) necesarios para la fabricación de cada uno de los componentes.
Para montaje de cada uno de los componentes	INCLUIDO	Se incluyen los procesos (inyección, extrusión...) necesarios para la fabricación de cada uno de los componentes.

FASES CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO	LÍMITES DEL SISTEMA	OBSERVACIONES
Para montaje de cada uno de los componentes	EXCLUIDO	Se excluyen los flujos de residuos y emisiones generadas en esta fase.
Para montaje de cada uno de los componentes	INCLUIDO	Se considera que el transporte de los componentes hasta la planta de fabricación del frigorífico se incluyen en la Base de Datos ECOINVENT.
3. Fabricación del producto (montaje)		
Para el montaje del producto	INCLUIDO	Se incluyen los principales componentes (peso) necesarios para la fabricación de un frigorífico combi definido como caso base.
Para el montaje del producto	EXCLUIDO	Se excluyen los componentes no prioritarios (por peso), o aquellos cuya variación en la comparación del caso base y caso mejorado no tiendan a sufrir ningún cambio.
Para el montaje del producto	EXCLUIDO	Los procesos necesarios en el ensamble de los componentes (energía, calor, agua, etc.) y los flujos de residuos y emisiones (aire y agua) generadas en esta fase, se considera igual en ambos casos, y por tanto no se simula en el estudio.
Embalaje	INCLUIDO	Se incluye los principales componentes (peso) y procesos necesarios para la fabricación del embalaje.
4. Fase de uso del producto		
Distribución desde planta de fabricación hasta el punto de venta	INCLUIDO	Al tener los dos productos pesos diferentes, y ser estos relativamente elevados, se considera este transporte de forma diferenciada. Distancias medias basadas en la metodología MEErP.
Consumo eléctrico	EXCLUIDO	Se excluye al considerarse igual en el caso base y en el caso mejorado (misma eficiencia energética, sin variación). Las mejoras de producto se han centrado en aspectos de durabilidad y reciclabilidad, manteniendo el consumo energético y de consumibles en la fase de uso separado, lo que facilita el análisis de los resultados.
Mantenimiento/repación	EXCLUIDO	Desde el punto de vista del ACV, se considera equivalente también el impacto asociado al mantenimiento/repación durante la vida útil del equipo (desplazamiento técnico, impacto de las piezas de recambio, etc.).
	INCLUIDO	Sin embargo, para el ACCV se evalúa de forma diferenciada el coste de las operaciones de mantenimiento/repación durante la vida útil, al considerarse diferente tiempo de operación y costes piezas de recambio
5. Fin de Vida del producto/ Disposición final		
	INCLUIDO	Se considera diferente en los dos productos, al tener diferente composición de materiales y considerarse que el producto mejorado incluye actuaciones que mejoran su potencial de reciclabilidad. Se estima que el porcentaje para frigoríficos será igual a la tasa para la categoría 1 (según el RD de RAEE). Datos de Eurostat 2019. Se considera que el escenario del producto mejorado sería el indicado según los objetivos del RD 110/2015 sobre RAEE a partir de 2018 y de la nueva normativa UE y nacional.

4. Unidad funcional

Como se expuso en el [apartado 3.2](#) de la primera parte del informe, son diferentes los motivos por los que la vida media de un frigorífico puede variar. La unidad funcional es un frigorífico-congelador combi, encendido durante los 365 días del año las 24 h, es decir, con una frecuencia de uso de 8.760 horas/año y cuyas características se definen en el siguiente apartado.

Según el análisis de la información aportada por diferentes fuentes sobre la vida útil media de un frigorífico ([apartado 3.2](#)), el frigorífico caso base se define con una vida media de 11 años y de 14 años para el caso mejorado. Por tanto, referido a la unidad funcional: la vida media estimada del caso base sería de 96.360 h (11 años), mientras que, en el caso mejorado, debido a las mejoras de diseño incluidas, sería de 122.640 h (equivalente a 14 años).

Se necesitarían, por lo tanto, 1,3 equipos del producto caso base para cubrir la misma unidad funcional que el producto caso mejorado.

5. Definición del caso base

5.1. Análisis de Ciclo de Vida del caso base

5.1.1. Definición, objetivo y alcance del análisis

El sistema producto es un frigorífico-congelador doméstico tipo combi de dos puertas, los cuales tienen dos compresores y dos termostatos que regulan la parte del frigorífico y la del congelador por separado. Se asume que este modelo tiene una clase energética E.

El objetivo de este estudio es cuantificar los impactos del ciclo de vida de un frigorífico estándar ficticio, que no representa un caso real, ya que para su desarrollo se han empleado datos bibliográficos y se han realizado estimaciones y suposiciones para facilitar la definición de este caso base.

La metodología seguida para dicho análisis se basa en la propuesta por el IHOBE¹⁰⁴ como fruto de su colaboración en el proyecto y definido en el «Informe de obsolescencia de una lavadora» y en las siguientes normas:

- UNE EN ISO 14040: 2006.-Gestión Medioambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia.
- UNE-EN ISO 14044:2006. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices.

5.1.2. Definición del Bill of Material (BOM)

Selección del producto de referencia

El modelo de frigorífico definido corresponde a un frigorífico-congelador tipo combi, con dos compresores y dos termostatos que regulan la parte del frigorífico y la del congelador por separado. Cuyas características técnicas corresponden a:

- Peso: 70 kg
- Volumen bruto: 334 litros
- Volumen neto: 294 litros
- Volumen del compartimento de alimentos frescos: 215 litros
- Volumen del compartimento de alimentos congelados: 79 litros (4 estrellas)
- Clase de eficiencia energética: E (258 kWh/año)⁸⁹
- Agente refrigerante: R600a.

Referencias bibliográficas

En este punto cabe incidir nuevamente en que la ausencia de datos obtenidos a través de información proporcionada directamente por el sector (fabricantes) o de un laboratorio de pruebas, hace que se tenga que recurrir a la definición del BOM del caso base a estudiar de manera teórica, empleando diferentes fuentes bibliográficas, además de estimaciones, hipótesis y asunciones del equipo redactor.

Las principales referencias utilizadas son las que a continuación se especifican:

- Revisión del estudio preparatorio de diseño ecológico sobre frigoríficos y congeladores domésticos (LOT 13) de la Comisión Europea: VHK revisit of ENEA/ISIS, Preparatory Study Ecodesign Lot 13: Domestic Refrigerators & Freezers, Task 5 (rev.3) final report²³. Es la principal fuente de referencia utilizada.
- Guía para la aplicación conjunta de los Análisis de Ciclo de Vida Ambiental (LCA) y de Costes (LCC) de Basque Ecodesign Center⁹⁰.
- Primer estudio preparatorio de diseño ecológico sobre frigoríficos y congeladores domésticos (LOT 13) de 2005: Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs (Tender TREN/D1/40-2005). LOT 13: Domestic Refrigerators & Freezers. ISIS para la Comisión Europea⁴⁸.
- Guía de ecodiseño I y II: Sector eléctrico y Electrónico del IHOBE:

⁸⁹ Según el Reglamento sobre etiquetado energético de aparatos frigoríficos (UE) 2019/2016. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019R2016&from=EN>

⁹⁰ IHOBE (2017). Guía para la aplicación conjunta de los Análisis de Ciclo de Vida Ambiental (LCA) y de Costes (LCC). https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/guia_lca_lcc/es_def/adjuntos/Guia_%20aplicacion_conjunta_LCC_LCA_cast.pdf

- Caso de Ecodiseño de Frigorífico Daewoo- DEMESA¹⁸.
 - Caso de Ecodiseño de Frigorífico Fagor⁹¹.
- Análisis del ciclo de vida de los refrigeradores domésticos en China, 2015⁹².

Otras fuentes que se han utilizado para definir las características del producto han sido:

- Estudio de durabilidad de productos encargado por la Comisión Europea y llevado a cabo por la consultora Ricardo-AEA en cooperación con Intertek e Istituto di Management, Scuola Superiore Sant'Anna¹¹.
- Evaluación económica de la prolongación de la vida de los productos de consumo y bienes de equipo de ADEME⁴².
- Análisis del ciclo de vida de un frigorífico modelado con la aplicación de varias combinaciones de electricidad y tecnologías⁹³.
- Información en la web (páginas de recambios componentes como: Spareka⁶⁹, iFixit⁶⁶, UK White Goods⁹⁴). *La bibliografía de referencia consultada para la identificación de estos principales fallos en el caso de frigoríficos se especifica en su apartado 6.1.1.*
- Estimaciones propias del equipo redactor y del equipo colaborador del IHOBE para el «Informe de obsolescencia de una lavadora»¹⁰⁴.

Hipótesis de cálculo y estimaciones

Para definir el BOM del caso base se utilizó la bibliografía expuesta en el punto anterior y principalmente la revisión del estudio preparatorio de diseño ecológico sobre frigoríficos y congeladores domésticos (LOT 13) de la Comisión Europea de 2016. Esta fuente proporciona un listado de materiales que forman parte de un frigorífico y sus pesos, pero no se encuentran diferenciados por componente. Para obtener un listado de material distribuido por componente, se utilizó como base el BOM que se recoge en la *Guía para la aplicación conjunta de los Análisis de Ciclo de Vida Ambiental (LCA) y de Costes (LCC)* del Basque Ecodesign Center⁹⁰.

Es de imaginar que algunos componentes, materiales o piezas han sufrido modificaciones y cambios desde 2016, aunque el funcionamiento general sea el mismo, por lo que el resto de fuentes bibliográficas han permitido comprobar la idoneidad de las estimaciones realizadas, habiéndose utilizado cuando se considera que el dato aportado por la fuente se aproxima más a la realidad actual del electrodoméstico. Por

⁹¹ IHOBE (2010). Guía sectorial de ecodiseño eléctrico-electrónico (II).

⁹² R. Xiao, et al. (2015). A life-cycle assessment of household refrigerators in China. *J. Cleaner Prod.*, 95 (2015), pp. 301-310, 10.1016/j.jclepro.2015.02.031

⁹³ Lewandowska, A et al. (2021). Environmental Life Cycle Assessment of Refrigerator Modelled with Application of Various Electricity Mixes and Technologies. *Energies*. <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/17/5350>

⁹⁴ <https://www.ukwhitegoods.co.uk/help/fix-it-yourself/refrigeration-self-help>

último, existen varias asunciones para algunos materiales que no pudieron ser identificados o que se cuantificaron junto como otros. Esto es una práctica habitual a la hora de elaborar un ACV cuando no se dispone de información del propio fabricante y el presente estudio también se enfrenta a esta limitación.

En el [Anexo 2](#) se incorpora el promedio entre las fuentes de referencia consultadas y las comparativas entre el caso base y este promedio, y entre el caso base y la principal fuente de referencia.

Las diferencias entre los promedios de frigoríficos más antiguos en relación al caso base corresponden a las modificaciones en la fabricación que han sufrido los frigoríficos a lo largo de estos años (tabla 12).

Tabla 12. Resumen por materiales del frigorífico caso base y comparativa con el promedio de las fuentes. Fuente: elaboración propia.

	CASO BASE		Promedios		Relación caso base respecto al promedio	
	Peso (g)	%	Peso (g)	%	Peso (g)	%
Metales ferrosos	34.094	48,747 %	31.100	48,420 %	2.994,06	0,327 %
Metales no ferrosos	3.851	5,506 %	3.231	5,030 %	620,11	0,476 %
Plásticos	24.148	34,526 %	23.658	36,833 %	490,42	-2,307 %
Electrónica	673	0,962 %	502	0,782 %	170,75	0,180 %
Vidrio	6.966	9,960 %	6.317	9,835 %	649,00	0,125 %
Aceite lubricante	209	0,299 %	200	0,311 %	9,50	-0,012 %
Varios			612	0,952 %	-611,75	-0,952 %
Peso total (en g) sin embalaje	69.941		64.229		5.711,83	
Embalaje	4.645	6,228 %	4.319	6,506 %	325,67	-0,278 %
Total con embalaje	74.586		66.389		8.197,17	

Estas diferencias se deben principalmente a:

- El aumento de tamaño del electrodoméstico que implica un aumento de peso, es especialmente notable en la cantidad de metales que componen la estructura del frigorífico.
- Las bandejas de plástico que utilizaban algunos modelos han sido sustituidas por bandejas de vidrio, por lo que, aunque el peso de las otras partes plásticas (como el PU de aislamiento o el revestimiento interior) haya aumentado, el peso total de plástico se ha visto algo reducido.
- También se ha producido un aumento de peso en la parte electrónica en general.
- Se han omitido materiales cuyo porcentaje por componente es despreciable, o asimilado a otros semejantes.

- Se ha omitido el gas refrigerante R600a utilizado en la misma cantidad para ambos modelos y por no encontrarse disponible en las bases de datos del software Simapro.

Resultado Bill of Material (BOM)

El resultado de las estimaciones realizadas para definir el BOM por componente del caso base es el siguiente:

Tabla 13. BOM caso base. Fuente: elaboración propia.

Componente	Peso aprox. (g)	% de componente respecto al total sin embalaje	Material	Peso aprox. (g)	% de componente respecto al total sin embalaje
Estructura	27.794,00	39,739 %	Acero galvanizado	14.760	21,104 %
			Hierro	13.034	18,636 %
Aislamiento	10.090,00	14,426 %	PUR	10.090	14,426 %
Otras partes plásticas y revestimiento interior	13.947,00	19,941 %	ABS	950	1,358 %
			PP	2.038	2,914 %
			PS	10.059	14,382 %
			PVC	900	1,287 %
Bandejas	6.966,00	9,960 %	Vidrio	6.966	9,960 %
Bisagra	36,00		PP	36	0,051 %
Parte eléctrica/electrónica	673,00	0,962 %	Circuitos Impresos	160	0,229 %
			Cableado	308	0,440 %
			Componentes electrónicos	205	0,293 %
Tubo gas refrigerante	1.545,00	4,165 %	Cu	1.545	2,209 %
Evaporador/condensador	1.368,00		Aluminio	1.368	1,956 %
Compresor/motor	7.522,00	10,755 %	Fe/hierro fundido	6.300	9,008 %
			Cu	788	1,127 %
			Aluminio	150	0,214 %
			PP	75	0,107 %
			Aceite lubricante	209	0,299 %
Peso Total Producto	69.941,00	99,949 %		69.941	100,000 %
Embalaje	4.645,00		Cartón	2.940	
			EPS	1.383	
			PE film	283	
			PP	39	
Peso producto con embalaje	74.586,00			74.586	

Nota: se trata de una estimación en la que algunos materiales menos relevantes por componente se han despreciado.

5.1.3. Definición de otros aspectos del inventario

Al tratarse de un estudio comparativo, el ACV se centra en:

- El cambio de uso de materiales.
- Alargamiento vida útil.
- Diferencias en el escenario de fin de vida.

De este modo, se asume que permanecen igual en un modelo y otro, y que por tanto no se tienen en cuenta las siguientes variables:

- Impacto de la fase de fabricación.
- Consumo energético y otros consumibles durante el uso.
- Las condiciones de uso del electrodoméstico.
- Logística transporte/distribución (únicamente se considerará el transporte del electrodoméstico una vez fabricado hasta el punto de venta).

En el [Anexo 3](#) se adjunta el diagrama de ACV resumido (*encontrándose completo en la hoja «CB_Diagrama de proceso ACV» del archivo Excel*).

Aspectos en fabricación

Como se expuso en el [apartado 3. Alcance y límites del sistema](#), se tienen en cuenta los pesos de los materiales necesarios para la fabricación de los componentes del frigorífico y, cuando es posible, los procesos genéricos por material necesarios. El consumo energético y de otros servicios en la planta de fabricación, así como las emisiones y generación de residuos o aguas residuales durante el proceso de fabricación, se consideran igual en ambos casos, y por tanto no se simula en el estudio.

Aspectos logísticos

En lo relativo a la distribución del producto, se consideran unas distancias medias en km para cada tipo de transporte, una vez se ha fabricado hasta el punto de venta. Los valores se han tomado de la Metodología MEERP de la Comisión Europea, empleada en los estudios preparatorios de productos relacionados con la energía.

Además, se indican los valores en tkm para el caso base, cuyo peso es de 74.586 kg (peso con embalaje incluido).

Tabla 14. Distancias del transporte consideradas para el producto caso base. Fuente: elaboración propia a partir de valores metodología MEErP.

Tipo	Distancia (Km)	%	tkm
Tren	1000	50%	37,29
Barco	12000	45 %	402,76
Avión	10000	5 %	37,29
Camión grande	500	100 %	37,29
Camión mediano	200	100 %	14,92

Se considera que el transporte de las materias primas y de los componentes hasta la planta de fabricación del frigorífico se incluyen en la Base de Datos ECOINVENT.

Aspectos de uso

Las mejoras de producto se han centrado en aspectos de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad, manteniendo el consumo energético y de consumibles en la fase de uso. Se asume por tanto que el uso de ambos modelos no varía, lo que implica un mismo consumo energético.

Escenario de fin de vida considerado

Como ya se expuso en apartados anteriores, los frigoríficos se clasifican como categoría 1: aparatos de intercambio de temperatura, según el Real Decreto 110/2015 de 20 de febrero sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos².

Según la legislación vigente, los objetivos mínimos a partir del 15 de agosto de 2018 aplicables a la categoría 1 (en la que se incluyen los frigoríficos) son que se valorizará un 85 %, y se preparará para la reutilización y se reciclará un 80 %².

Para este estudio el escenario de fin de vida se ha considerado de forma global (no por tipo de material) y se basa en datos bibliográficos y de Eurostat (año 2019, WEEE categoría 1-España).

Los datos de 2019 que se disponen de esta categoría en Eurostat son⁹⁵:

Tabla 15. Escenarios de fin de vida para el producto caso base. Fuente: Eurostat.

Escenario de fin de vida	% sobre el total recogido
Reutilización	4,5 %
Reciclado	73,4 %
Recuperación energética	11,7 %
Vertedero	10,4 %
Total	100 %

⁹⁵ <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/bookmark/59f8212b-6daa-43d8-8678-cf8c481e695e?lang=en&page=time:2019>

5.1.4. Análisis de inventario

Para la realización del inventario se han tenido en cuenta las consideraciones previas, y se basan en su mayoría en datos secundarios de la base de datos de *Ecoinvent*, integrada en el software de ACV Simapro.

Concretamente, la biblioteca utilizada para el análisis de inventario es *Ecoinvent 3 – allocation, cut-off by classification – unit*. Este modelo 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).

Debido a la limitación de utilizar una única biblioteca en Simapro, en algunos casos no se ha podido encontrar el material simulado deseado, por lo que se ha procedido a buscar en otras bibliotecas para así poder realizar de forma más completa el inventario para el producto caso base.

Siempre que ha sido posible se han considerado datos europeos (RER) y «market», para incluir el transporte medio.

Cuando se parte de un material genérico (por ejemplo, plástico), se ha intentado simular también su proceso de transformación (por ejemplo, inyección) cuando ha sido posible.

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 la tabla siguiente.

Tabla 16. Lista de materiales y procesos considerados para el producto caso base. Fuente: elaboración propia mediante software Simapro.

Código en la base de datos	Unidades	Material simulado
Materiales		
<i>Steel, low-alloyed {GLO} market for Cut-off, U</i>	g	Acero galvanizado
<i>Cast iron {GLO} market for Cut-off, U</i>	g	Hierro
<i>Polyurethane, rigid foam {RER} market for polyurethane, rigid foam Cut-off, U</i>	g	PUR
<i>Acrylonitrile-butadiene-styrene granulate (ABS), production mix, at plant RER</i>	g	ABS
<i>Polypropylene, granulate {RER} production Cut-off, U</i>	g	PP
<i>Polystyrene, general purpose {RER} production Cut-off, U</i>	g	PS

Código en la base de datos	Unidades	Material simulado
<i>Polyvinylchloride, bulk polymerised {RER} polyvinylchloride production, bulk polymerisation Cut-off, U</i>	g	PVC
<i>Flat glass, coated {RER} market for flat glass, coated Cut-off, U</i>	g	Vidrio
<i>Printed wiring board, surface mounted, unspecified, Pb free {GLO} market for Cut-off, U</i>	g	Circuitos impresos
<i>Cable, unspecified {GLO} market for Cut-off, U</i>	g	Cables
<i>Electronics, for control units {RER} production Cut-off, U</i>	g	Componentes electrónicos
<i>Copper {GLO} market for Cut-off, U</i>	g	Cobre
<i>Aluminium, cast alloy {GLO} market for Cut-off, U</i>	g	Aluminio
<i>Lubricating oil {RER} production Cut-off, U</i>	g	Aceite lubricante
<i>Kraft paper, unbleached {RER} production Cut-off, U</i>	g	Papel
<i>Polystyrene, expandable {GLO} market for Cut-off, U</i>	g	EPS
<i>Packaging film, low density polyethylene {RER} production Cut-off</i>	g	PE film
Procesos		
<i>Metal working, average for metal product manufacturing {GLO} market for Cut-off,U</i>	g	Procesado de metales
<i>Injection moulding {RER} processing Cut-off, U</i>	g	Procesado de plásticos
<i>Tempering, flat glass {GLO} market for Cut-off, U</i>	g	Procesado de vidrio
<i>Metal working, average for aluminium product manufacturing {RER} processing Cut-off, U</i>	g	Procesado de aluminio
Transporte		
<i>Transport, freight train {RER} market group for transport, freight train Cut-off, U</i>	tkm	Tren
<i>Transport, freight, sea, container ship {GLO} market for transport, freight, sea, container ship Cut-off, U</i>	tkm	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>	tkm	Camión mediano
<i>Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 Cut-off, U</i>	tkm	Camión grande
<i>Transport, freight, aircraft, medium haul {GLO} market for transport, freight, aircraft, medium haul Cut-off, U</i>	tkm	Avión
Fin de vida		
<i>Steel and iron (waste treatment) {GLO} recycling of steel and iron Cut-off, U</i>	%	Reciclado acero y hierro
<i>Aluminium (waste treatment) {GLO} recycling of aluminium Cut-off, U</i>	%	Reciclado de aluminio
<i>Scrap copper {RoW} market for scrap copper Cut-off, U</i>	%	Reciclado de cobre
<i>PP (waste treatment) {GLO} recycling of PP Cut-off, U</i>	%	Reciclado de PP
<i>PVC (waste treatment) {GLO} recycling of PVC Cut-off, U</i>	%	Reciclado de PVC
<i>Mixed plastics (waste treatment) {GLO} recycling of mixed plastics Cut-off, U</i>	%	Reciclado de otros plásticos

Código en la base de datos	Unidades	Material simulado
<i>Waste glass {ES} market for waste glass Cut-off, U</i>	%	Reciclado de vidrio
<i>Residue from mechanical treatment, IT accessory {RoW} treatment of residue from mechanical treatment, IT accessory, municipal waste incineration Cut-off, U</i>	%	Recuperación energética
<i>Used industrial electronic device {RoW} market for used industrial electronic device, WEEE collection Cut-off, U</i>	%	Reutilización
<i>Inert waste {Europe without Switzerland} treatment of inert waste, sanitary landfill Cut-off, U</i>	%	Vertedero

5.1.5. Evaluación de impactos

La evaluación de impacto se ha realizado utilizando el método ReCiPe 2016 Midpoint (H), versión 1.04, incluido en la herramienta Simapro, que sería el método por defecto de ReCiPe.

Los resultados para las diferentes categorías de impacto se indican en las tablas siguientes y están disponibles para su consulta en el archivo Excel adjunto (*hojas «Impacto_CB_fabricación» y «ACV_CB»*).

Tabla 17. Resultados de impacto para el producto caso base (valor absoluto).
Fuente: elaboración propia mediante software Simapro.

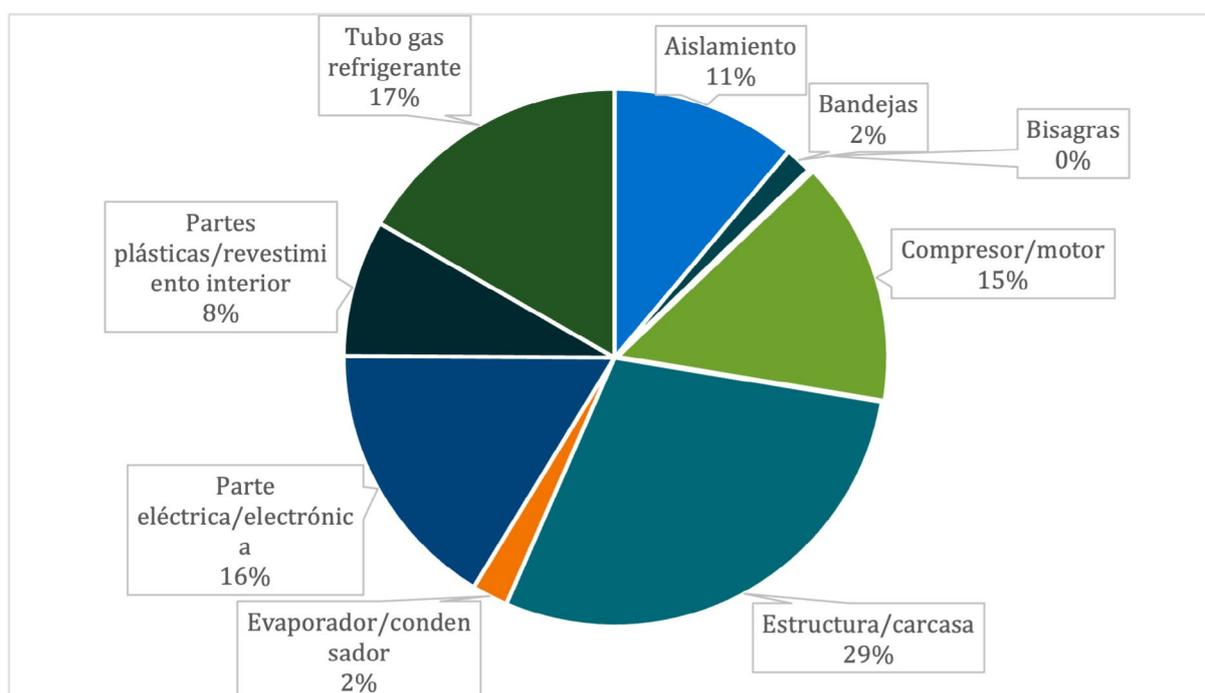
Categoría de impacto	Unidad	Total	Bandejas	Aislamiento	Bisagras de la puerta	Compresor/motor	Estructura/carcasa	Evaporador/condensador	Parte eléctrica/electrónica	Partes plásticas y revestimiento interior	Tubo gas refrigerante
Cambio climático	kg CO2 eq	373,48	8,88	70,06	0,11	31,69	106,91	12,37	70,25	62,48	10,72
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,00051	0,00000	0,00035	0,00000	0,00002	0,00004	0,00000	0,00005	0,00001	0,00002
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	2,65	0,05	0,68	0,00	0,19	0,63	0,06	0,63	0,35	0,06
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	1,09	0,04	0,16	0,00	0,13	0,29	0,03	0,23	0,10	0,11
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,16	0,02	0,11	0,00	0,19	0,32	0,02	0,21	0,06	0,23
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	1,13	0,04	0,18	0,00	0,13	0,30	0,03	0,24	0,11	0,11
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	2,79	0,06	0,28	0,00	0,49	0,64	0,05	0,45	0,16	0,65
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01
Eutrofización marina	kg N eq	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	12768,63	31,02	215,29	0,15	3147,35	2958,47	29,67	1484,04	40,16	4862,48
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	1,58	0,00	0,11	0,00	0,20	0,36	0,02	0,67	0,03	0,20
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	9,81	0,03	0,22	0,00	1,65	1,82	0,04	3,59	0,07	2,39
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	26,31	0,04	2,91	0,00	4,81	14,41	0,56	1,26	0,27	2,04
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	738,69	1,43	16,30	0,01	175,14	168,82	6,33	101,60	3,85	265,20
Uso del suelo	m2a crop eq	10,35	0,26	1,77	0,00	1,03	2,75	0,21	2,35	1,17	0,80
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	11,12	0,04	0,26	0,00	1,72	3,63	0,46	3,10	0,08	1,83
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	116,12	2,31	27,09	0,07	8,01	26,14	2,74	17,72	29,55	2,49
Consumo de agua	m3	4,38	0,05	1,44	0,00	0,25	0,72	0,11	0,68	0,95	0,18

Tabla 18. Resultados de impacto para el producto caso base (porcentaje). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro.

Categoría de impacto	Total	Ban-dejas	Aisla-miento	Bisagras de la puerta	Compresor/ motor	Estructura/ carcasa	Evaporador/ condensador	Parte eléc-trica/elec-trónica	Partes plásticas y revestimien-to interior	Tubo gas refrige-rante
Cambio climático	100 %	2,38 %	18,76 %	0,03 %	8,48 %	28,63 %	3,31 %	18,81 %	16,73 %	2,87 %
Agotamiento ozono estratosférico	100 %	0,42 %	69,49 %	0,00 %	4,52 %	8,81 %	0,78 %	9,34 %	1,84 %	4,78 %
Radiación ionizante	100 %	1,75 %	25,61 %	0,04 %	7,00 %	23,89 %	2,23 %	23,74 %	13,36 %	2,37 %
Formación ozono. Salud Humana	100 %	3,32 %	15,00 %	0,02 %	11,55 %	26,70 %	2,79 %	21,41 %	9,35 %	9,86 %
Formación partículas finas	100 %	1,75 %	9,67 %	0,01 %	16,48 %	27,15 %	2,00 %	18,07 %	4,87 %	20,00 %
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	100 %	3,22 %	15,68 %	0,02 %	11,51 %	26,76 %	2,71 %	20,93 %	9,51 %	9,67 %
Acidificación terrestre	100 %	2,16 %	10,12 %	0,01 %	17,43 %	22,99 %	1,88 %	16,07 %	5,89 %	23,45 %
Eutrofización de agua dulce	100 %	0,41 %	10,12 %	0,01 %	12,76 %	19,80 %	1,07 %	36,60 %	3,06 %	16,17 %
Eutrofización marina	100 %	0,19 %	52,65 %	0,00 %	8,25 %	22,13 %	0,65 %	7,76 %	1,27 %	7,09 %
Ecotoxicidad terrestre	100 %	0,24 %	1,69 %	0,00 %	24,65 %	23,17 %	0,23 %	11,62 %	0,31 %	38,08 %
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	100 %	0,26 %	6,78 %	0,00 %	12,35 %	22,65 %	1,20 %	42,28 %	1,66 %	12,81 %
Ecotoxicidad marina	100 %	0,27 %	2,22 %	0,00 %	16,81 %	18,56 %	0,44 %	36,65 %	0,67 %	24,38 %
Toxicidad humana carcinogénicos	100 %	0,15 %	11,07 %	0,00 %	18,29 %	54,78 %	2,11 %	4,80 %	1,03 %	7,76 %
Toxicidad humana no carcinogénicos	100 %	0,19 %	2,21 %	0,00 %	23,71 %	22,85 %	0,86 %	13,75 %	0,52 %	35,90 %
Uso del suelo	100 %	2,53 %	17,08 %	0,03 %	10,00 %	26,59 %	2,02 %	22,74 %	11,28 %	7,73 %
Escasez de recursos minerales	100 %	0,38 %	2,37 %	0,00 %	15,43 %	32,68 %	4,13 %	27,88 %	0,70 %	16,42 %
Escasez de recursos fósiles	100 %	1,99 %	23,33 %	0,06 %	6,90 %	22,51 %	2,36 %	15,26 %	25,45 %	2,14 %
Consumo de agua	100 %	1,20 %	32,86 %	0,03 %	5,81 %	16,33 %	2,54 %	15,50 %	21,56 %	4,16 %

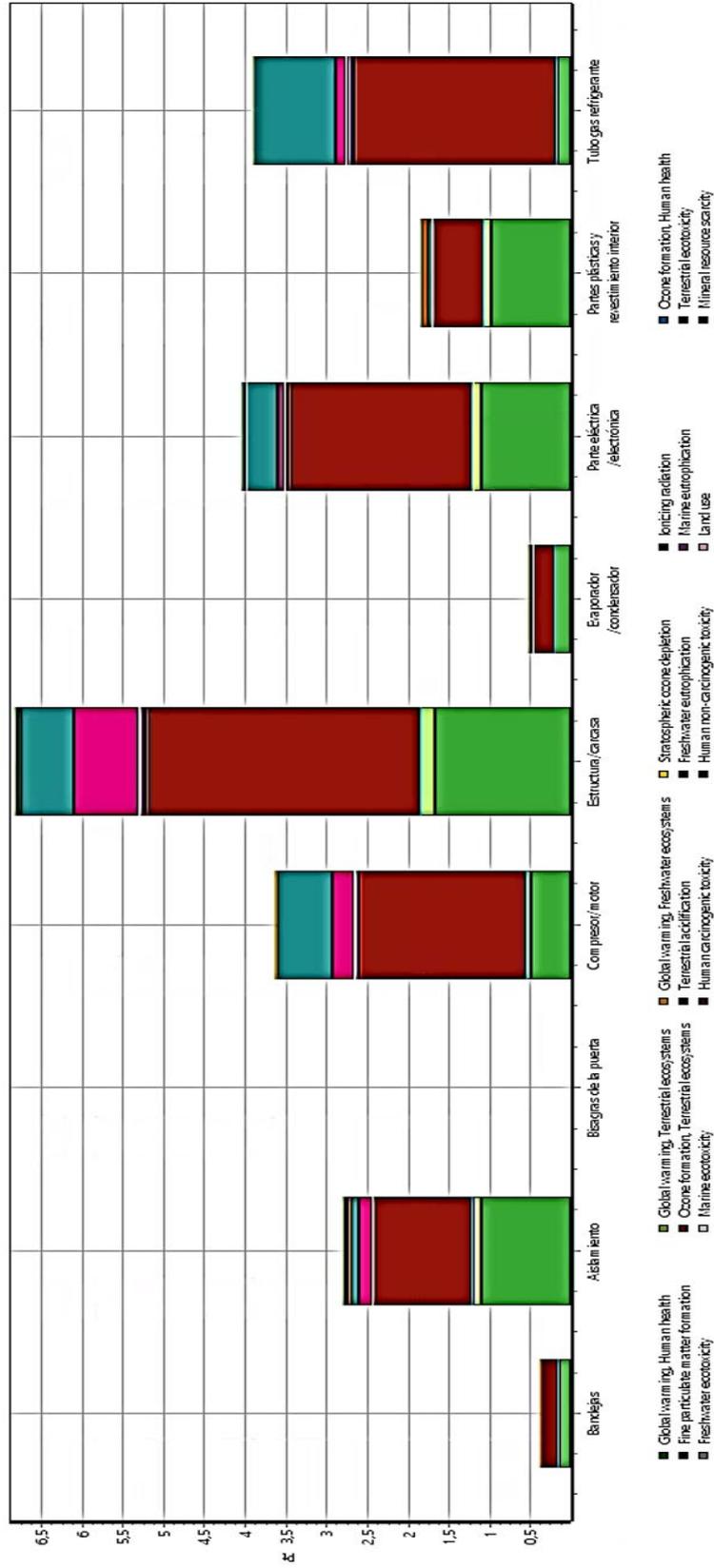
A continuación, en la [figura 13](#) se muestra la contribución de cada componente del frigorífico caso base a los impactos del ciclo de vida del mismo, considerando el método de ReCiPe endpoint (H) que pondera los diferentes impactos en un indicador único.

Como se puede comprobar, la estructura o carcasa del frigorífico es la parte que más impacto representa, seguida de las partes eléctricas y electrónicas. Sin embargo, las bisagras, el evaporador/condensador o las bandejas son los elementos que menor impacto suponen en el ciclo de vida del producto.



*Figura 13. Distribución impactos por partes del frigorífico caso base (en porcentaje de valor único).
Fuente: elaboración propia a partir de resultados de software Simapro.*

Para una mejor visualización, se muestra a continuación el desglose de impactos (por indicador único) por cada componente del frigorífico caso base.



Análisis de ciclo de vida (ACV) de un frigorífico. Método: ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.04 / World (2010) HA / Puntuación única / Escala de emisiones a largo plazo

Figura 14. Resultados en porcentaje de la ponderación en un indicador único de los diferentes impactos asociados a cada componente. Fuente: software Simapro.

Considerando **todo el ciclo de vida** indicado en el [apartado 3 de alcance y límites del sistema](#) y [apartado 5.1.3](#), el resultado sería el indicado en la tabla siguiente.

Tabla 19. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso base (absoluto). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro.

Categoría de impacto	Unidad	Total	Frigorífico CB ensamblado	Transporte	Embalaje	Fin de vida
Cambio climático	kg CO2 eq	443,66	373,48	35,89	9,31	24,97
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	2,98	2,65	0,28	0,05	0,00
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	1,33	1,09	0,21	0,02	0,01
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,23	1,16	0,06	0,01	0,00
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	1,37	1,13	0,21	0,02	0,01
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	2,99	2,79	0,17	0,03	0,00
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00
Eutrofización marina	kg N eq	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	13041,33	12768,63	244,26	19,40	9,04
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	3,94	1,58	0,04	0,01	2,31
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	13,16	9,81	0,19	0,02	3,14
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	26,66	26,31	0,18	0,07	0,11
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	764,02	738,69	7,43	3,49	14,41
Uso del suelo	m2a crop eq	17,09	10,35	0,64	6,07	0,03
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	11,24	11,12	0,10	0,01	0,00
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	131,83	116,12	11,66	3,86	0,19
Consumo de agua	m3	4,72	4,38	0,05	0,27	0,02

Tabla 20. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso base (porcentajes). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro.

Categoría de impacto	Total	Frigorífico CB ensamblado	Transporte	Embalaje	Fin de vida
Cambio climático	100 %	84,18 %	8,09 %	2,10 %	5,63 %
Agotamiento ozono estratosférico	100 %	92,52 %	3,24 %	1,04 %	3,20 %
Radiación ionizante	100 %	88,68 %	9,38 %	1,82 %	0,12 %
Formación ozono. Salud Humana	100 %	81,90 %	15,86 %	1,59 %	0,65 %
Formación partículas finas	100 %	94,16 %	4,83 %	0,87 %	0,13 %
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	100 %	82,24 %	15,51 %	1,63 %	0,63 %
Acidificación terrestre	100 %	93,31 %	5,62 %	0,92 %	0,14 %
Eutrofización de agua dulce	100 %	98,27 %	0,57 %	1,12 %	0,03 %

Categoría de impacto	Total	Frigorífico CB ensamblado	Transporte	Embalaje	Fin de vida
Eutrofización marina	100 %	98,63 %	0,21 %	0,81 %	0,36 %
Ecotoxicidad terrestre	100 %	97,91 %	1,87 %	0,15 %	0,07 %
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	100 %	40,11 %	1,04 %	0,18 %	58,66 %
Ecotoxicidad marina	100 %	74,52 %	1,48 %	0,15 %	23,84 %
Toxicidad humana carcinogénicos	100 %	98,67 %	0,67 %	0,25 %	0,42 %
Toxicidad humana no carcinogénicos	100 %	96,68 %	0,97 %	0,46 %	1,89 %
Uso del suelo	100 %	60,56 %	3,75 %	35,49 %	0,20 %
Escasez de recursos minerales	100 %	98,97 %	0,89 %	0,11 %	0,04 %
Escasez de recursos fósiles	100 %	88,08 %	8,85 %	2,93 %	0,14 %
Consumo de agua	100 %	92,91 %	1,04 %	5,68 %	0,38 %

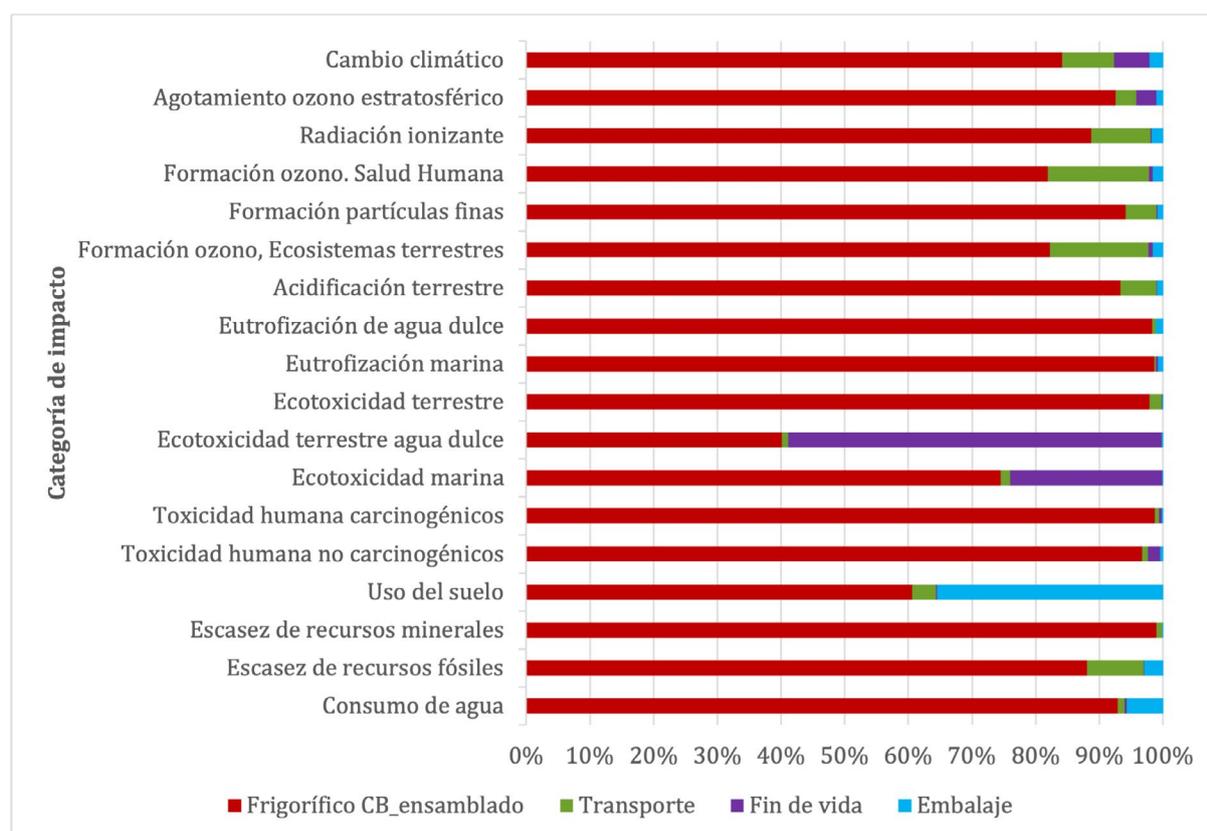


Figura 15. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso base (porcentaje). Fuente: elaboración propia a partir de resultados de software Simapro.

Como se puede apreciar (figura 15), el impacto de la fase de transporte y de final de vida es muy inferior al impacto propio del equipo. Cabe recordar que, debido al alcance seleccionado, no se incluye en el análisis la fase de uso del equipo.

Además, 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.

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.»

El método de Simapro ReCiPe end-point (H), permite ponderar los diferentes impactos a un indicador único. A continuación se incluye la tabla 21 con los resultados de impacto para cada fase de ciclo de vida y la figura 16 que muestra gráficamente estos resultados en porcentajes:

Tabla 21. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso base (valor único). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro.

Daño de categoría	Unidad	Total	Frigorífico CB ensamblado	Transporte	Embalaje	Fin de vida
Total	Pt	26,21	23,98	1,37	0,35	0,51

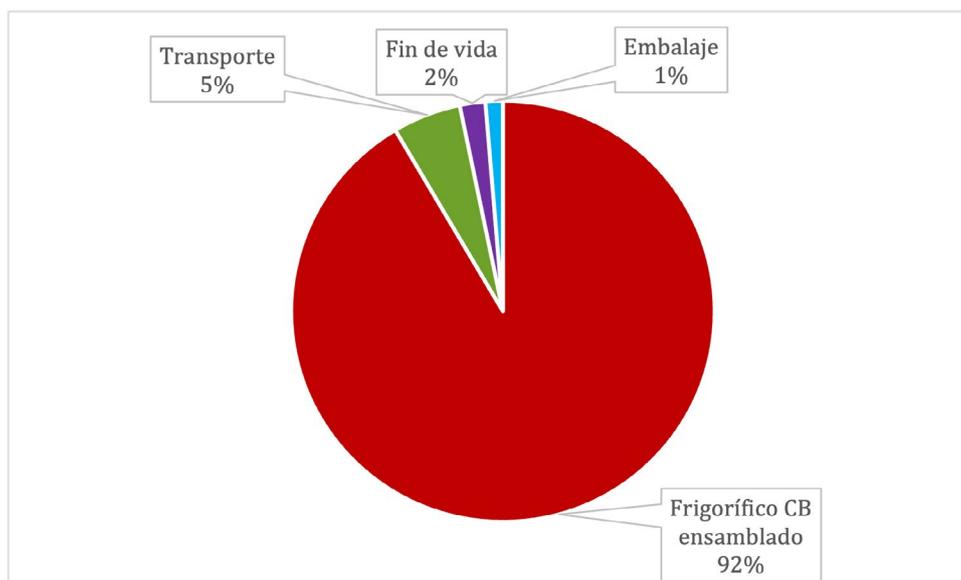


Figura 16. Distribución impactos por fases del ciclo de vida del frigorífico caso base (en porcentaje de valor único). Fuente: elaboración propia a partir de resultados del software Simapro.

Como se puede apreciar, la fase de uso de materias primas y fabricación sería la más relevante. Cabe recordar que no se ha considerado el impacto asociado a la fase de uso.

5.1.6. Interpretación de los resultados

En base a los resultados presentados en el apartado anterior se puede llegar a una serie de conclusiones basadas en las hipótesis y asunciones ya mencionadas al inicio del estudio.

Atendiendo a los resultados del ACV del producto caso base, se puede comprobar cómo la fase de fabricación (o ensamblado del producto) es la que contribuye con más intensidad a los impactos asociados al ciclo de vida del producto, tomando valores entre el 80 y 99 % en su mayoría y en función del impacto considerado. Y suponiendo un 92 % del impacto según el método del indicador único.

En esta fabricación, los componentes que más impacto suponen son la estructura o carcasa, seguido de las partes eléctricas y electrónicas (figura 13). En el caso de la estructura o carcasa hay que destacar su contribución a la categoría de impacto «*Toxicidad humana carcinogénicos*» y en el caso de las partes eléctricas y electrónicas a la categoría «*Ecotoxicidad terrestre agua dulce*».

Por otro lado, las fases de transporte y fin de vida presentan menores porcentajes en función de la categoría de impacto considerada, tomando en general valores entre 1 y 15 % y 0,1 y 5 % respectivamente. Suponiendo un 5 % y un 2 % según el porcentaje de valor único respectivamente.

Asimismo, en este estudio se ha realizado el ACV diferenciando en el mismo la contribución que presenta el embalaje del producto, tomando en su mayoría valor entre 0,1 y 2 % (1 % según porcentaje de valor único).

5.2. Definición costes asociados al caso base (ACCV)

Se ha realizado un análisis de los costes del ciclo de vida del caso base, en el que se ha despreciado la fase de diseño (coste laboral del personal de diseño y de laboratorio que realizan las pruebas de validación) y la fase de uso.

Nuevamente se destaca que los valores utilizados para el análisis provienen de las fuentes consultadas y no se ha podido contar datos reales proporcionados por el sector. Tanto los datos de partida como las fuentes consultadas y las operaciones necesarias para la elaboración del CCV están disponibles en el archivo Excel adjunto.

Para llevar a cabo el análisis de costes se han considerado los siguientes parámetros:

1. Coste de fin de vida: coste económico de la fase fin de vida a partir de los porcentajes de reciclado, valorización, recuperación energética y eliminación cuyos valores serán los mismos que los utilizados para ejecutar el ACV, definidos en tabla 15.
2. Año de coste: año o número de años que se requieren desde la adquisición del primer producto hasta que se ejecute la sustitución del mismo.
3. Ciclo de vida: define la cantidad de ciclos de vida del caso base y del caso mejorado.
4. Tasa de descuento: tipo de interés para calcular el valor actual de los flujos de fondos que se obtendrán en el futuro.
5. 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.
6. Precio actual: el precio unitario del producto sujeto a estudio.

Tabla 22. Datos de partida considerados para la realización del ACCV del caso base. Fuente: elaboración propia.

	Tipo de coste	Cantidad	Coste unitario (€/unidad)	Año de coste	Ciclos de vida	Tasa de descuento (%)	Tasa escalamiento (apreciación) (%)
Adquisición	Frigorífico	1 ud.	537,91 €/ud.	0	1	2	3
				11	0,3		
Reparación	Mantenimiento (horas de técnico)	2 h	56 €/h	8	1	2	1
				16	0,3		
	Mantenimiento (piezas)	1 ud.	122 €/ud.	8	1	2	3
				16	0,3		
Fin de vida	Desmontaje (operario)	1 h	55,70 €/h	11	1	2	1
				22	0,3		
	Reutilización	3,15 kg	-0,22 €/kg	11	1	2	3
				22	0,3		
	Reciclaje (coste operación de reciclado)	69,94 kg	0,12 €/kg	11	1	2	3
				22	0,3		
	Retorno por reciclado acero galvanizado (estructura)	14,76 kg	-0,07 €/kg	11	1	2	3
				22	0,3		
	Retorno por reciclado PP (partes plásticas)	2,94 kg	-0,08 €/kg	11	1	2	3
				22	0,3		
	Retorno por reciclado PP (bisagras)	0,04 kg	-0,08 €/kg	11	1	2	3
				22	0,3		
	Retorno por reciclado Cu (tubo gas refrigerante)	1,55 kg	-3,10 €/kg	11	1	2	3
				22	0,3		
Coste de valorización energética	8,18 kg	0,02 €/kg	11	1	2	6	
			22	0,3			
Coste de eliminación (vertedero)	7,27 kg	0,05 €/kg	11	1	2	6	
			22	0,3			

El desarrollo de este análisis ha requerido definir los costes asociados a cada fase del ciclo de vida del producto: costes de compra, coste de reparación y coste de fin de vida. Además, de los costes asociados a cada fase del ciclo de vida se han desarrollado los siguientes supuestos que completan el escenario económico futuro del producto base:

- Dado que se considera la fase de fin de vida, se incluirán como valor de retorno los costes negativos derivados del valor del material durante dicha fase. El valor de estos costes se ha obtenido a partir de fuentes bibliográficas.
- Los costes negativos se entienden como un retorno (valor del material reciclado, etc.).
- Como se indicó en el [apartado 4](#) se requerirán 1,3 productos para cubrir la misma unidad funcional que el caso mejorado. Por tanto, el equipo caso base (completo) se compraría en el año 0, y el resto en el año 11 una vez alcanzado el final de su vida.
- El mantenimiento del producto se realizará en el año 8 (completo), pero también se debe considerar el mantenimiento de la parte proporcional del nuevo producto en el año 16 (0,3 equipos, un 30 % del ciclo de vida completo).
- Por otro lado, el final de vida del producto completo se considera en el año 11 y se añade la parte proporcional (30 % o 0,3) del fin de vida del nuevo producto en el año 22.
- Se estiman 2 h para el tiempo de mantenimiento por parte de un técnico especialista y 1 h para el proceso de desmontaje por parte de un operario de planta de tratamiento.
- La tasa de descuento se ha estimado con datos bibliográficos de Estados Unidos.
- Para la tasa de apreciación se ha considerado la actual del mercado de materias primas.
- Para realizar la proyección del valor a futuro y retornarlo al valor presente (valor actual neto) del producto base se ha aplicado la siguiente fórmula al coste actual:

$$VAN = (CI \cdot \text{ciclo de vida CB}) \cdot \left[\frac{(1 + e)}{(1 + i)} \right]^{(n)} + (CI \cdot \text{ciclo de vida CM}) \cdot \left[\frac{(1 + e)}{(1 + i)} \right]^{(n)}$$

Donde:

- CI: es el coste inicial del producto
- (e): tasa de escalamiento.
- (i): tasa de descuento
- (n): el año de estudio

En el primer término n es igual a 0 ya que este es el año de compra y en el segundo término n es igual a 11 ya que se considera el año de fin de vida de caso base.

Los resultados para cada tipo de costes obtenidos serían los siguientes:

Tabla 23. Resultados de costes actuales y valor actual para el caso base. Fuente: elaboración propia.

Fase del ciclo de vida	Tipo de coste	Coste actual (€)	Valor Actual Neto (VAN) (€)
Adquisición	Coste del producto caso base	537,91	717,56
Reparación	Mantenimiento (horas de técnico)	112,00	132,21
	Mantenimiento (piezas)	122,00	174,69
Fin de vida	Desmontaje (operario)	55,70	63,43
	Reutilización	-0,69	-1,03
	Reciclaje (coste operación de reciclado)	8,39	12,46
	Retorno por reciclado acero galvanizado (estructura)	-1,03	-1,53
	Retorno por reciclado PP (partes plásticas)	-0,16	-0,24
	Retorno por reciclado PP (bisagras)	-0,003	-0,005
	Retorno por reciclado Cu (tubo gas refrigerante)	-4,81	-7,14
	Coste de valorización energética	0,19	0,43
	Coste de eliminación (vertedero)	0,34	0,76
	TOTAL		829,84

La tabla anterior muestra cómo el valor actual neto se ve incrementado en todos los costes del ciclo de vida del producto. Destaca el aumento del valor de las piezas requeridas para el mantenimiento, que ve aumentado su precio en 52,69 €. El valor actual neto por tanto es de 261,77 € más que el coste actual.

Los costes negativos, asociados al fin de vida y marcados en color rojo, reducen el coste total del CCV ya que se entiende como retorno de material, asumiendo que ese material será reintroducido de nuevo en el ciclo productivo.

6. Análisis posibles mejoras de diseño

6.1. Mejoras en durabilidad

6.1.1. Fallos más frecuentes y componentes implicados

Tal y como se reflejaba en el [apartado 3.4.1](#), la durabilidad en este tipo de producto se ve afectada por fallos frecuentes relacionados con una serie de componentes. Del citado apartado, en el que se identifican los componentes que presentan mayores

tasas de fallo según diferentes fuentes bibliográficas de referencia consultadas, se han seleccionado los siguientes para este estudio (tabla 24), a partir de los cuales se han tratado de detectar las posibles mejoras de durabilidad desde una perspectiva de diseño, recogidas en el siguiente apartado.

Tabla 24. Fallos más frecuentes y componentes involucrados. Fuente: elaboración propia.

Componentes	Fallos
Termostatos	Fallos en el sensor de la temperatura.
Tubos y juntas del gas refrigerante	Grietas en los tubos del sistema de refrigeración que ocasionan la pérdida del refrigerante. Se deben a formaciones de óxido por inclusiones o picaduras en la tubería, microfugas en las uniones soldadas o en los anillos de seguridad, fallos en la fabricación indetectables en esa fase...
Compresor	Falta de resistencia de las válvulas o de protección térmica del cigüeñal que provoca que el compresor se queme.
Resistencia <i>defrost</i> (y controles)	Roturas.
Juntas de la puerta.	Deterioro del caucho o pérdida de fuerza del imán interior por uso, roturas o grietas que provocan acumulación de hielo en el interior.
Bisagras de la puerta	Empleo de materiales de baja calidad y diseño obsoleto.
Motor de los ventiladores	Desgaste de los cojinetes del ventilador, obstrucciones que impiden que las aspas giren, rotura de cables o quemaduras en el tablero de control del ventilador.
Cajones o separadores de compartimentos	Mal uso del consumidor o a la mala selección de materiales.
Fuente luminosa	Fallos sobre todo en bombillas internas incandescentes y halógenas a las que les afectan los ciclos temperatura de funcionamiento en frío. <i>Actualmente se fabrican de LED por lo que no se produce el fallo</i>
Tubos de drenaje	Atascos

Entre la bibliografía de referencia consultada para la elaboración del [apartado 3.4.1 \(fallos más comunes en frigoríficos domésticos\)](#) se destaca la siguiente:

- Estudio de durabilidad de productos encargado por la Comisión Europea y llevado a cabo por la consultora Ricardo-AEA en cooperación con Intertek e Istituto di Management, Scuola Superiore Sant'Anna¹¹.
- Estudios preparatorios de frigoríficos de la Comisión Europea²³.
- Estudio sobre la reparabilidad de productos de Reuse⁷⁴.
- Estudio de la Comisión Europea sobre el impacto socioeconómico de aumentar la reparabilidad⁷⁵.
- Páginas web que contienen guías de reparación así como fallos comunes: <https://es.ifixit.com/Device/Refrigerator>

Del listado presentado anteriormente se han seleccionado los siguientes componentes para las propuestas de mejoras en la durabilidad del producto, puesto que son componentes que sufren altas tasas de fallo y son más susceptibles de presentar mejoras para alargar la vida útil de los frigoríficos a partir del cambio de material:

- Estructura del frigorífico.
- Aislamiento.
- Partes plásticas.
- Bisagras de las puertas.
- Tubo de gas refrigerante.

6.1.2. Posibles alternativas de diseño

Dada la dificultad de establecer una relación directa entre una modificación de diseño y el aumento de durabilidad del producto (fuera del alcance del presente estudio), se ha realizado una serie de hipótesis, que en un estudio más detallado sería necesario confirmar (con pruebas en laboratorio).

El objetivo de estas hipótesis es mostrar un mecanismo para simular el beneficio ambiental de

incrementar la durabilidad del producto, si esta relación directa se puede llegar a establecer.

Una vez identificados los componentes a los cuales se le va a aplicar una mejora de diseño, se procede a realizar las hipótesis de mejora de diseño que podrían contribuir a la mejora en la durabilidad del producto.

- Estructura del frigorífico: se considera que el cambio en la chapa de acero galvanizado por acero inoxidable hará más duradero el frigorífico, puesto que el acero inoxidable es un material más resistente. Por otro lado, ambos materiales son reciclables pero el acero galvanizado necesita ser galvanizado nuevamente con zinc para que pueda brindar la misma resistencia y rendimiento una vez reciclado, lo que supone un aumento en el impacto ambiental.
- Aislamiento: se propone aumentar el tamaño de burbuja en el aislante de PUR que permite una reducción de 250 g del mismo sin afectar al aislamiento, lo que permite aumentar la eficiencia del aislante reduciendo la cantidad de material necesario.
- Partes plásticas (cajones o estantes de las puertas): se considera el cambio de materiales plásticos de baja resistencia (PP) por otros más técnicos como el ABS que mejorarían la durabilidad de los mismos.

- Bisagras de las puertas: se propone cambiar el material plástico PP empleado para su fabricación por aluminio, lo que podría disminuir la tasa de rotura de este componente por ser un material más resistente, reforzando el diseño de la puerta del producto.
- Tubo del gas refrigerante: se considera el refuerzo de la cantidad de Cu en las juntas o codos del tubo del gas refrigerante, aumentando en un 5 % la cantidad de este material utilizado en el sistema de refrigeración para evitar fugas y hacerlo más duradero.

6.1.3. Implicaciones de las alternativas en el ACV

Las mejoras de diseño anteriormente propuestas implicarían una serie de cambios en ACV del caso mejorado respecto al caso base:

- Se produciría un aumento del peso total del producto: 69.941 g (sin embalaje) / 74.586 g (con embalaje) del caso base frente a 70.546 g (sin embalaje) / 75.191 g (con embalaje) del caso mejorado.
- Mayor peso en acero en la estructura: de 14.760 g (acero galvanizado) pasaría a 15.080 g (acero inoxidable).
- Menor contenido de PUR en el aislamiento: de 10.090 g a 9.840 g.
- Aumento en el contenido de ABS en las partes plásticas del producto: de 950 g a 3.373 g.
- Aumento en el contenido de aluminio por sustitución de material en las bisagras: de 1.518 g a 1.626 g de aluminio en el caso mejorado.
- Mayor contenido en cobre por refuerzo en el tubo de gas refrigerante: de 1.545 g a 1.622 g.

6.1.4. Implicaciones de las alternativas en el ACCV

Por otro lado, las implicaciones de estas mejoras en el análisis de costes de ciclo de vida se muestran a continuación:

Las modificaciones de diseño para el caso mejorado implican un aumento de costes de los nuevos componentes más resistentes. Este aumento se ha simulado de diferente manera según las diferentes fuentes de información disponibles para los distintos componentes a modificar, basándonos en el precio de dichos componentes en el mercado de repuestos o en la variación de precio de los materiales a sustituir (*disponibles para su consulta en la hoja «Información para CCV» del archivo Excel adjunto*).

Para la mejora en las partes plásticas (cajones o estantes de las puertas), las bisagras de la puerta y la estructura frigorífico (puerta), se han consultado diferentes fuentes⁹⁶ para determinar el precio de las piezas de repuesto correspondientes, analizando como coste del caso base el 1er percentil y como caso mejorado el 3er percentil.

Tabla 25. Análisis de costes de los componentes sustituidos. Fuente: elaboración propia.

Diferencia de precio de los componentes sustituidos			
	Partes plásticas (cajones o estantes de las puertas)	Bisagras de la puerta	Estructura frigorífico
Precio componente en caso base (1 ^{er} percentil; €)	25,23	6,70	92,41
Precio componente en caso mejorado (3 ^{er} percentil; €)	45,42	21,88	166,64
Diferencia (€)	20,20	15,18	74,24

Por otro lado, para la mejora en los tubos de gas refrigerante y del aislante, se ha realizado una búsqueda del precio de dichos materiales para poder analizar la variación del coste de la pieza.

Tabla 26. Análisis de costes de los componentes sustituidos. Fuente: elaboración propia.

Diferencia de precio componentes sustituidos		
	Tubo gas refrigerante⁹⁷	Aislante⁹⁸
Precio componente en caso base(€)	11,78	8,12
Precio componente en caso mejorado(€)	12,37	7,92
Diferencia (€)	0,59	-0,20

En base a lo anteriormente expuesto, se determina la diferencia de coste que se debe añadir al coste del producto base para obtener el coste del producto mejorado.

⁹⁶ www.espartes.co.uk, www.applias.com, www.buyandrepair.com, www.spareka.fr, www.lme.com, www.eustore.ifixit.com, www.doctorelectro.es, www.todorepuestosselectro.com

⁹⁷ Basado en el precio medio del cobre para el primer trimestre de 2022: Bolsa de Metales de Londres: <https://www.lme.com/>.

⁹⁸ Basado en el precio medio del aislante de PUR según la «Guía para la aplicación conjunta de los Análisis de Ciclo de Vida Ambiental (LCA) y de Costes (LCC)».

Tabla 27. Resumen del análisis de costes de los componentes sustituidos y diferencia de coste final. Fuente: elaboración propia.

Diferencia de precio componentes sustituidos					
	Partes plásticas (cajones o estantes de las puertas)	Bisagras de la puerta	Estructura frigorífico	Tubo gas refrigerante	Aislante
Diferencia (€)	20,20	15,18	74,24	0,59	-0,20
Incremento total (€)	110,00 €				

Se considera también que el caso mejorado dispondrá de componentes diseñados de mayor calidad por lo que se estima que el precio de sus piezas de sustitución aumentará un 20 % respecto a las del caso base.

De manera análoga, las mejoras en reparabilidad y reciclabilidad que confieren un diseño que facilita el desmontaje y posterior montaje del aparato para su reparación o sustitución de piezas, implican una reducción del tiempo necesario por el técnico para las operaciones de mantenimiento, y, por otro lado, también disminuiría el tiempo de desmontaje manual de piezas en su fase de fin de vida.

6.2. Mejoras en Reparabilidad

6.2.1. Aspectos de diseño que dificultan la reparabilidad

Un aumento de la reparabilidad del producto pasa por diversas estrategias potenciales, tales como:

- facilitar el diagnóstico del producto;
- accesibilidad y facilidad de desmontaje de componentes clave;
- disponibilidad de repuestos;
- actualización de componentes;
- suministro de información.

Un aspecto previo a la reparabilidad es poder realizar el diagnóstico del equipo y poder detectar el fallo y la/s pieza/s donde se debe centrar la reparación. En la siguiente tabla se incluyen algunos de los aspectos que pueden dificultar este diagnóstico:

Tabla 28. Principales aspectos que dificultan un correcto diagnóstico.

Fuente: IHOBE¹⁰⁴.

Causas
Falta de accesibilidad a los puntos de diagnóstico, por ejemplo, que no se pueda separar el encapsulado o una geometría que no sea ergonómica (dificultando el desmontaje).
Falta de información sobre los modos de fallo del equipo (por ejemplo, mediante códigos de error en el <i>display</i> o luces intermitentes, etc.).
Falta de información sobre el desmontaje necesario para el diagnóstico y puntos de test.
Dificultad para disponer de equipos de diagnóstico o necesidad de equipos específicos para el producto.
Falta de acceso a los programas de diagnóstico del equipo o dificultad en su uso (falta de formación, etc.).

Existen ciertas características en el diseño de algunos componentes de los frigoríficos que también hacen que su reparabilidad sea más compleja o casi imposible en algunos casos.

Como ya se indicaba en el [apartado 3.4](#) de la primera parte de este estudio (análisis de reparabilidad de frigoríficos), algunos de los fallos detectados como más frecuentes no se asocian con un cambio en el diseño o materiales de fabricación de la pieza en sí misma, sino con el diseño del frigorífico completo. En la siguiente tabla 29 se incorpora un resumen de estas principales causas.

Tabla 29. Causas de diseño que dificultan la reparación en frigoríficos. Fuente: elaboración propia.

Causas
Diseños obsoletos, piezas y herramientas no disponibles en el mercado .
Dificultad en el desmontaje del producto: por su ubicación y falta de accesibilidad (muchas de las piezas se encuentran integradas en la estructura), por el tipo de unión, por falta de visibilidad uniones, por el tipo de herramientas necesarias, etc.
Dificultad de acceso a información técnica del producto y a la secuencia de desmontaje (información sobre las etapas de desmontaje a realizar, y sobre camino correcto para ello).
No estandarización de las diferentes piezas del producto; diferencias según la marca fabricante, o incluso entre diferentes modelos de la misma marca.
Capacidad de reparación en sí misma.
Falta de disponibilidad o precio excesivo de las piezas de repuesto.

6.2.2. Posibles alternativas de diseño

Un diseño que facilite el desmontaje de piezas (muchas veces integradas en la estructura) y que permita su reparación o sustitución tiene una relación directa con un alargamiento de la vida del aparato.

En este contexto cabe mencionar que, como se expuso en el [apartado 3.4.4](#), con el Reglamento (UE) 2019/2019 de la comisión de 1 de octubre de 2019 por el que se establecen los requisitos de diseño ecológico aplicables a los aparatos de refrigeración¹⁰, se asegura la disposición de ciertas piezas de repuesto, identificadas como fallos frecuentes (tabla 30).

Tabla 30. Disposición de piezas según Reglamento (UE) 2019/2019 de la comisión de 1 de octubre de 2019 por el que se establecen los requisitos de diseño ecológico aplicables a los aparatos de refrigeración. Fuente: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2019&from=ES>

Los fabricantes, importadores o representantes autorizados de aparatos de refrigeración pondrán a disposición de:	Periodo mínimo (años)	Piezas
Reparadores profesionales	7	Termostatos, Sensores de temperatura, Placas de circuitos impresos, Fuentes luminosas.
Reparadores profesionales y usuarios finales	10	Mangos de puerta, Bisagras, Bandejas y cestos
	7	Juntas de las puertas

A continuación, se presenta un listado de posibles alternativas que mejorarían la misma.

Tabla 31. Alternativas de mejora de diseño para aumentar la reparabilidad. Fuente: elaboración propia.

Alternativas de mejora de diseño para la reparabilidad
Facilitar el diagnóstico del equipo, con métodos estándares y facilitando el acceso a los puntos de diagnóstico y al software de diagnóstico
Diseño que facilite el desmontaje y posterior montaje de los frigoríficos para su reparación o sustitución de la pieza, por ejemplo, utilizando códigos de colores para identificar las piezas valiosas u otros componentes. Esta información también puede estar disponible a través de un código QR colocado en el producto ⁹⁹ .
Uniones sin herramientas o con herramientas estándar.
Unificación tipos de uniones.
Facilitar el acceso a los software, hardware y manuales de servicio para las empresas reparadoras y consumidores.
Estandarización de componentes y herramientas.
Simplicidad, información sobre la duración y necesidad de herramientas.
Disponibilidad de piezas de recambio, a precio asequible y con corto plazo de entrega.

⁹⁹ Medida que se está evaluando junto a otras en el proyecto europeo C-SERVEES (<https://eesproject.eu/index.php>), que analiza aspectos de circularidad de varios productos.

6.2.3. Implicaciones de las alternativas en el ACV y ACCV

El rediseño del aparato para aumentar la reparabilidad del mismo no implica un cambio en el BOM de materiales, pero sí supone un impacto sobre el ACV y CCV del producto, alargando la vida útil del frigorífico por incrementar la posibilidad de repararlo gracias a estas mejoras, y también reduciendo costes de reparación por mejorar el proceso y tiempo necesario de desmontaje de piezas. Estas cuestiones se verán reflejadas en el análisis de ciclo de vida y de costes relativo al caso mejorado.

6.3. Mejoras en Reciclabilidad

6.3.1. Aspectos de diseño que dificultan la reciclabilidad

Durante las últimas dos décadas, el reciclaje de productos relacionados con la energía se ha vuelto cada vez más desafiante, debido a ciertas tendencias de diseño de productos que ejercen presión sobre la economía del reciclaje. Algunas de estas tendencias son:

- menor uso de metales y menos metales preciosos (cobre reemplazado por aluminio como conductor eléctrico, menor contenido de oro en placas de circuito impreso, etc.) y mayor uso de metales para los que no existe una infraestructura económica de reciclaje posconsumo (elementos de tierras raras);
- mayor uso de plásticos, y combinaciones plásticas más complejas en un solo producto/pieza (coextrusión), y plásticos con aditivos o tratamientos superficiales adversos (retardantes de llama, rellenos, fibras, etc.);
- mayor uso de combinaciones de materiales complejos (composites, recubrimientos, nanomateriales, películas multicapa, etc.);
- una mayor diversidad de productos, combinada con la miniaturización en particular en el sector de la electrónica del hogar, dificultan la optimización del tratamiento de un flujo de residuos mixtos.

Como se ha comentado en apartados anteriores, los frigoríficos se consideran RAEE al final de su vida útil, y por tanto, deben cumplir con los requisitos aplicables de acuerdo al Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos², que incorpora al ordenamiento jurídico español la Directiva 2012/19/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo⁵.

Según la Directiva de RAEE, y el RD RAEE de los frigoríficos puestos en el mercado se recuperará un 85 % y se reciclará un 80 % de éstos¹⁰⁰.

¹⁰⁰ Objetivos mínimos aplicables por categoría a partir del 15 de agosto de 2018 con referencia a las categorías del anexo III, en las que se encuentran los frigoríficos.

Además, dicho RD indica que «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». Asimismo, indica que: «Los productores de AEE no impedirán la reutilización de los AEE usados y la preparación para la reutilización de los RAEE mediante características de diseño específicas o procesos de fabricación específicos, salvo que dichas características o procesos de fabricación presenten grandes ventajas en materia de seguridad o para la protección del medio ambiente».

No obstante, hay que tener en cuenta ciertas particularidades de diseño que presentan este grupo de productos, puesto que contienen altas cantidades de espumas PUR para el aislamiento y PS en el revestimiento.

Reciclar PUR conlleva ciertos problemas, pues es un material termoestable que se produce a partir de dos componentes y no se considera un plástico en sí mismo. Se pueden emplear métodos químicos para su reciclaje, aunque esta opción es contaminante y económicamente costosa, o también puede ser reciclado mecánicamente, triturándolo y comprimiéndolo. Además, en el caso de los frigoríficos, la extracción de PUR es difícil, por encontrarse entre la estructura de acero y el revestimiento de PS. Por ello, la solución más utilizada, también para recuperar el agente espumante de forma responsable, es triturar —en un entorno especial y cerrado— la estructura base hasta convertirlo en granos finos. A partir de ahí se recuperan las piezas de acero mediante separación magnética, mientras que el revestimiento interior y el PUR se destinan a la valorización energética²³.

Según la EPA (la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), los fabricantes de PUR tienen que incorporar un 9 % de material reciclado, y dada la dificultad de obtener la espuma reciclada, los fabricantes utilizan la alternativa de usar polioles procedentes de productos químicos reciclados.

6.3.2. Posibles alternativas de diseño

Una vez expuestas las dificultades de reciclaje que presenta el PUR de los frigoríficos, la mejora que se ha considerado es reducir la cantidad de este material en el caso mejorado.

En la siguiente tabla se expone la relación de mejoras propuestas para aumentar la reciclabilidad del aparato.

Tabla 32. Relación de mejoras en el diseño de frigoríficos que mejoren su reciclabilidad. Fuente: elaboración propia.

Aspecto	Mejora de diseño
Aislamiento PUR	Aumentar eficiencia del aislante aumentando el tamaño de burbuja de PUR y reduciendo así la cantidad de material.
Potenciar uso material reciclado	Utilizar materiales reciclados en la producción de componentes.
Mejorar la información del producto	Información sobre los materiales contenidos en el producto con mayor potencial de reciclado, y su ubicación. Por ejemplo, incorporando un manual de desmantelamiento digital que ayudaría a los recicladores a ser más eficientes mientras desmantelan los productos y recuperan las piezas para venderlas a los fabricantes de equipos originales. (Además, las pruebas llevadas a cabo en el marco del proyecto C-SERVEES ¹⁰¹ demostró que esto es rentable. Suponiendo que la industria avance en el uso del código QR, las instrucciones de desmontaje podrían estar vinculadas a dicho código QR en el producto).
Potenciar reciclabilidad	Desmontaje selectivo o desmantelamiento manual de piezas sueltas antes de la trituración.
Facilitar el desmontaje del producto.	Diseño que facilite el desmontaje. Uniones sin herramientas o herramientas estándar. Unificación en los tipos de uniones.
Facilitar reciclado	Evitar mezcla de materiales incompatibles o sustancias peligrosas que dificulten o impidan el reciclado. Evitar tratamientos superficiales, etiquetas, etc. que dificulten el reciclado. Marcado e identificación partes plásticas (tipo de plástico no identificado en los aparatos).
Cambio de materiales con mayor potencial de reciclado	Desarrollar un nuevo aislante con mayor potencial de reciclado. Uso de nuevos modelos con estructura de acero inoxidable (en lugar de utilizar acero al carbono fino prepintado).
Cambio a materiales orgánicos	Frigoríficos diseñados con bioplásticos y materiales orgánicos.

6.3.3. Implicaciones de las alternativas en el ACV y ACCV

A la hora de definir el escenario de fin de vida para el caso mejorado y cómo las mejoras propuestas podrían afectar, se tuvieron en cuenta, además, las siguientes referencias:

- En 2019, la Comisión publicó una comunicación 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 (Pacto Verde Europeo¹⁰²). En 2020, constituyendo uno de los principales elementos incluidos en este Pacto Verde Europeo, la Comisión adopta un nuevo Plan de Acción sobre la Economía

¹⁰¹ Proyecto C-SERVEES (<https://c-serveesproject.eu/index.php>)

¹⁰² https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_en.pdf

Circular¹⁰³, en el que se identifican los aparatos electrónicos e informáticos como productos que exigen una intervención urgente y se pone hincapié en fomentar la mejora en el diseño de 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 y un aumento de la reutilización para que sea más duradero y fácil de reparar. Una mejor elección de los materiales y de diseño implica aumentar la reciclabilidad, la reparabilidad y la durabilidad de los productos, que es la trayectoria perseguida para conseguir la transición a una economía circular.

- La directiva marco de residuos de la UE introduce que: *«antes de 2020, deberá aumentarse como mínimo hasta un 50 % global de su peso la preparación para la reutilización y el reciclado de residuos de materiales tales como, al menos, el papel, los metales, el plástico y el vidrio de los residuos domésticos y posiblemente de otros orígenes en la medida en que estos flujos de residuos sean similares a los residuos domésticos».*
- Como se ha expuesto, la Directiva RAEE⁹, transpuesta al ordenamiento jurídico nacional por el RD de RAEE² establece una serie de objetivos mínimos de reciclado/preparación para la reutilización y de valorización.
- Y la nueva Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular⁵⁴ dicta, entre otras medidas, que: *«Para 2035, se aumentará la preparación para la reutilización y el reciclado de residuos municipales hasta un mínimo del 65 % en peso; al menos un 15 % en peso respecto al total corresponderá a la preparación para la reutilización, fundamentalmente de residuos textiles, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, muebles y otros residuos susceptibles de ser preparados para su reutilización».*

Por todo lo expuesto anteriormente, con el caso mejorado definido en este informe, se considera que los objetivos mínimos serán alcanzados (y superados) correspondiendo a los porcentajes que se exponen a continuación:

¹⁰³ https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/nuevoplannedeaccionparalaeconomiacircular_tcm30-527275.pdf

Tabla 33. Escenario de fin de vida de los productos. Fuente: elaboración propia.

Escenario de fin de vida	% sobre el total recogido: caso base	% sobre el total recogido: caso mejorado
Reutilización	4,5 %	9 %
Reciclado	73,4 %	74 %
Recuperación energética	11,7 %	12 %
Vertedero	10,4 %	5 %

7. Definición del caso mejorado

En base a lo expuesto en el [apartado 3.2](#) de la primera parte del presente informe, y de las propuestas de mejora recogidas en los anteriores apartados, se ha considerado un frigorífico (caso mejorado) con una vida útil de 14 años.

7.1. Cambios en el BOM

A continuación, se muestra la relación de materiales que formarían parte de los componentes del producto caso mejorado. Con un asterisco (*) se señalan aquellos materiales que se han modificado, en peso o tipo de material, respecto al caso base.

Tabla 34. BOM caso mejorado. Fuente: elaboración propia

Componente	Peso aprox. (g)	% de componente respecto al total sin embalaje	Material	Mejora	Peso aprox. (g)	% peso total (respecto al total sin embalaje)
Estructura	28.114,46	39,85 %	*Acero inoxidable	Cambio de la chapa de acero galvanizado a acero inoxidable	15.080,46	21,38 %
			Hierro		13.034,00	18,48 %
Aislamiento	9.840,00	13,95 %	*PUR	Aumentar el tamaño de burbuja en el aislante de PUR que permite una reducción de 250g de PUR sin afectar al aislamiento	9.840,00	13,95 %

Componente	Peso aprox. (g)	% de componente respecto al total sin embalaje	Material	Mejora	Peso aprox. (g)	% peso total (respecto al total sin embalaje)
Otras partes plásticas y revestimiento interior	14.331,96	20,32 %	*ABS	Cambio de material de baja resistencia (PP) por plásticos más técnicos (ABS).	3.372,96	4,78 %
			PS		10.059,00	14,26 %
			PVC		900,00	1,28 %
Bandejas	6.966,00	9,87 %	Vidrio		6.966,00	9,87 %
Bisagra	108,00	0,15 %	Al	Rediseñar, reforzar la carcasa o cambiar el material de plástico por Aluminio (18g)	108,00	0,15 %
Parte eléctrica/electrónica	673,00	0,95 %	Circuitos Impresos		160,00	0,23 %
			Cableado		308,00	0,44 %
			Componentes electrónicos		205,00	0,29 %
Tubo gas refrigerante	1.622,25	2,30 %	*Cu	Aumentar la cantidad de Cu en las juntas o codos: Aumentar un 5 % la cantidad de Cu utilizado en el sistema de refrigeración para evitar fugas y hacerlo más duradero	1.622,25	2,30 %
Evaporador/condensador	1.368,00	1,94 %	Aluminio		1.368,00	1,94 %
Compresor/motor	7.522,00	10,66 %	Fe/hierro fundido		6.300,00	8,93 %
			Cu		788,00	1,12 %
			Aluminio		150,00	0,21 %
			PP		75,00	0,11 %
			Aceite lubricante		209,00	0,30 %
Peso Total Producto	70.545,67	100,00 %			70.546,00	100 %
Embalaje	4.645,00	6,18 %	Cartón		2.940,00	
			EPS		1.383,00	
			PE film		283,00	
			PP		39,00	
Peso producto con embalaje	75.190,67				75.191,00	100 %

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. El único material utilizado en el caso mejorado y que no se encontraba en el caso base es: *Stainless steel hot rolled coil, annealed & pickled, elec. arc furnace route, prod. mix, grade 304 RER S*.

El resto de mejoras implican cambios en materiales ya utilizados.

7.2. Cambios en otros aspectos del ciclo de vida

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.

En el [Anexo 4](#) se adjunta el diagrama de ACV resumido (*encontrándose completo en el archivo Excel, hoja «CM_Diagrama de proceso ACV»*).

Aspectos en fabricación

Se modifica el BOM de materiales y pesos necesarios para la fabricación de los nuevos componentes del frigorífico mejorado y, cuando es posible, los procesos genéricos por material necesarios.

Aspectos logísticos

Derivado de las mejoras consideradas anteriormente, se puede comprobar que el peso total del frigorífico del caso mejorado se ve incrementado ligeramente respecto al caso base, hecho que repercute en el cálculo del transporte. Como para el caso base, los valores se han tomado de la Metodología MEErP de la Comisión Europea, 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 75.191 g (embalaje incluido).

Tabla 35. Distancias del transporte consideradas para el producto caso mejorado. Fuente: elaboración propia a partir de metodología MEErP.

Tipo	Distancia (km)	%	tkm
Tren	1000	50 %	37,60
Barco	12000	45 %	406,03
Avión	10000	5 %	37,60
Camión grande	500	100 %	37,60
Camión mediano	200	100 %	15,04

Escenario de fin de vida considerado

Además, el escenario de fin de vida también cambia al ser diferente la composición del equipo y por los nuevos porcentajes de reciclado conseguidos por las actuaciones de mejora de reciclabilidad ([ver tabla 33](#)).

7.2.1. Evaluación de impactos

Como en el caso del producto inicial, la evaluación de impacto se ha realizado utilizando el método ReCiPe 2016 Midpoint (H), versión 1.04, incluido en la herramienta Simapro, que sería el método por defecto de ReCiPe.

Los resultados para las diferentes categorías de impacto se indican en las tablas siguientes y están disponibles para su consulta en el archivo Excel adjunto ([hojas «Impacto_CM_fabricación» y «ACV_CM»](#)).

Tabla 36. Resultados de impacto para el producto caso mejorado (valor absoluto). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro.

Categoría de impacto	Unidad	Total	Aislamiento	Bandejas	Bisagras	Compresor/motor	Estructura/carcasa	Evaporador/condensador	Parte eléctrica/electrónica	Partes plásticas/revestimiento interior	Tubo gas refrigerante
Cambio climático	kg CO2 eq	407,01	68,32	8,83	0,82	31,69	134,78	12,37	70,25	68,68	11,26
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,000491	0,000342	0,000002	0,000000	0,000023	0,000037	0,000004	0,000047	0,000009	0,000025
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	2,53	0,66	0,05	0,00	0,19	0,54	0,06	0,63	0,35	0,07
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	1,15	0,16	0,04	0,00	0,13	0,34	0,03	0,23	0,11	0,11
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,18	0,11	0,02	0,00	0,19	0,32	0,02	0,21	0,06	0,24
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	1,19	0,17	0,04	0,00	0,13	0,35	0,03	0,24	0,12	0,11
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	2,99	0,28	0,06	0,00	0,49	0,79	0,05	0,45	0,18	0,69
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01
Eutrofización marina	kg N eq	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	12962,88	209,96	31,15	11,44	3147,35	2908,53	29,67	1484,04	35,92	5104,82
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	1,52	0,10	0,00	0,00	0,20	0,29	0,02	0,67	0,03	0,21
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	9,79	0,21	0,03	0,01	1,65	1,68	0,04	3,59	0,06	2,51
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	21,70	2,84	0,04	0,04	4,81	9,75	0,56	1,26	0,26	2,14
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	741,46	15,90	1,45	0,89	175,14	158,21	6,33	101,60	3,52	278,42
Uso del suelo	m2a crop eq	9,85	1,72	0,27	0,02	1,03	2,24	0,21	2,35	1,17	0,84
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	10,22	0,26	0,05	0,04	1,72	2,61	0,46	3,10	0,08	1,92
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	120,14	26,42	2,28	0,18	8,01	29,16	2,74	17,72	31,02	2,61
Consumo de agua	m3	4,74	1,40	0,05	0,01	0,25	0,85	0,11	0,68	1,19	0,19

Tabla 37. Resultados de impacto para el producto caso mejorado (porcentaje). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro.

Categoría de impacto	Total	Aislamiento	Ban-dejas	Bisagras	Compresor/motor	Estructura/carcasa	Evaporador/condensador	Parte eléctrica/electrónica	Partes plásticas/re-vestimiento interior	Tubo gas refrigerante
Cambio climático	100 %	17 %	2 %	0 %	8 %	33 %	3 %	17 %	17 %	3 %
Agotamiento ozono estratosférico	100 %	70 %	0 %	0 %	5 %	8 %	1 %	10 %	2 %	5 %
Radiación ionizante	100 %	26 %	2 %	0 %	7 %	21 %	2 %	25 %	14 %	3 %
Formación ozono. Salud Humana	100 %	14 %	3 %	0 %	11 %	29 %	3 %	20 %	10 %	10 %
Formación partículas finas	100 %	9 %	2 %	0 %	16 %	27 %	2 %	18 %	5 %	21 %
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	100 %	15 %	3 %	0 %	11 %	29 %	3 %	20 %	10 %	10 %
Acidificación terrestre	100 %	9 %	2 %	0 %	16 %	26 %	2 %	15 %	6 %	23 %
Eutrofización de agua dulce	100 %	10 %	0 %	0 %	13 %	17 %	1 %	37 %	4 %	17 %
Eutrofización marina	100 %	51 %	0 %	0 %	8 %	22 %	1 %	8 %	2 %	7 %
Ecotoxicidad terrestre	100 %	2 %	0 %	0 %	24 %	22 %	0 %	11 %	0 %	39 %
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	100 %	7 %	0 %	0 %	13 %	19 %	1 %	44 %	2 %	14 %
Ecotoxicidad marina	100 %	2 %	0 %	0 %	17 %	17 %	0 %	37 %	1 %	26 %
Toxicidad humana carcinogénicos	100 %	13 %	0 %	0 %	22 %	45 %	3 %	6 %	1 %	10 %
Toxicidad humana no carcinogénicos	100 %	2 %	0 %	0 %	24 %	21 %	1 %	14 %	0 %	38 %
Uso del suelo	100 %	17 %	3 %	0 %	11 %	23 %	2 %	24 %	12 %	9 %
Escasez de recursos minerales	100 %	3 %	0 %	0 %	17 %	26 %	4 %	30 %	1 %	19 %
Escasez de recursos fósiles	100 %	22 %	2 %	0 %	7 %	24 %	2 %	15 %	26 %	2 %
Consumo de agua	100 %	30 %	1 %	0 %	5 %	18 %	2 %	14 %	25 %	4 %

A continuación, en la figura 17, se muestra la contribución de cada componente del frigorífico caso mejorado a los impactos del ciclo de vida del mismo, considerando el método de ReCiPe end-point (H) que pondera los diferentes impactos en un indicador único.

Nuevamente, la estructura o carcasa del frigorífico es la parte que más impacto representa, seguida de, en este caso, el tubo de gas refrigerante. Sin embargo, las bisagras, el evaporador/condensador o las bandejas son, en el caso mejorado, los elementos que menor impacto suponen en ciclo de vida del producto.

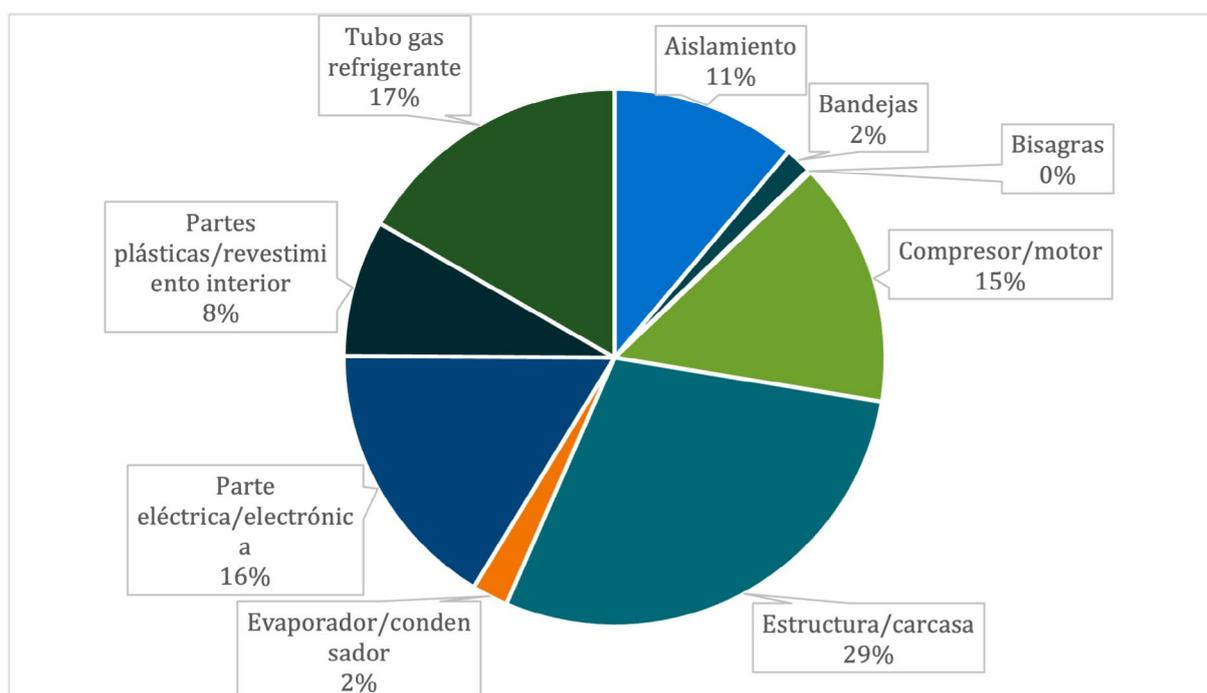


Figura 17. Distribución impactos por partes del frigorífico caso mejorado (en porcentaje de valor único). Fuente: elaboración propia a partir de resultados del software Simapro.

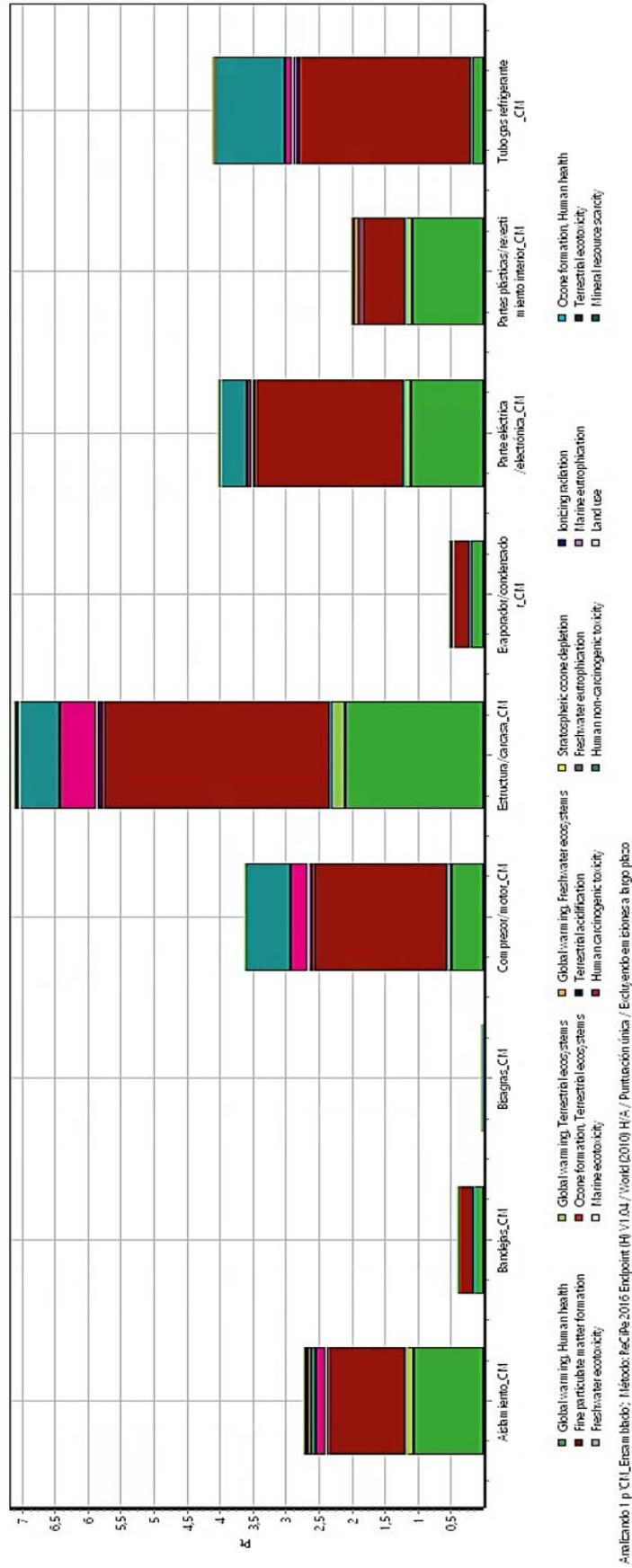


Figura 18. Resultados en porcentaje de la ponderación en un indicador único de los diferentes impactos asociados a cada componente. Fuente: software Simapro.

Considerando **todo el ciclo de vida** indicado en el apartado de alcance y límites de sistema, el resultado sería el indicado en la tabla siguiente.

Tabla 38. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso mejorado (absoluto). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro.

Categoría de impacto	Unidad	Total	Frigorífico CM ensamblado	Transporte	Embalaje	Fin de vida
Cambio climático	kg CO2 eq	479,31	407,01	36,19	9,33	26,78
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,000533	0,000491	0,000018	0,000006	0,000019
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	2,88	2,53	0,28	0,05	0,00
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	1,39	1,15	0,21	0,02	0,01
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,26	1,18	0,06	0,01	0,00
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	1,43	1,19	0,21	0,02	0,01
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	3,19	2,99	0,17	0,03	0,00
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00
Eutrofización marina	kg N eq	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	13241,18	12962,88	246,27	19,46	12,57
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	4,03	1,52	0,04	0,01	2,47
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	13,35	9,79	0,20	0,02	3,35
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	22,07	21,70	0,18	0,07	0,12
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	767,94	741,46	7,49	3,50	15,49
Uso del suelo	m2a crop eq	16,59	9,85	0,65	6,07	0,03
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	10,33	10,22	0,10	0,01	0,01
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	135,98	120,14	11,76	3,86	0,22
Consumo de agua	m3	5,08	4,74	0,05	0,27	0,02

Tabla 39. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso mejorado (porcentajes). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro.

Categoría de impacto	Total	Frigorífico CM ensamblado	Transporte	Embalaje	Fin de vida
Cambio climático	100 %	84,92 %	7,55 %	1,95 %	5,59 %
Agotamiento ozono estratosférico	100 %	92,08 %	3,35 %	1,06 %	3,51 %
Radiación ionizante	100 %	88,12 %	9,82 %	1,89 %	0,17 %
Formación ozono. Salud Humana	100 %	82,54 %	15,27 %	1,53 %	0,67 %

Categoría de impacto	Total	Frigorífico CM ensamblado	Transporte	Embalaje	Fin de vida
Formación partículas finas	100 %	94,20 %	4,78 %	0,86 %	0,16 %
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	100 %	82,80 %	14,99 %	1,56 %	0,65 %
Acidificación terrestre	100 %	93,66 %	5,32 %	0,87 %	0,16 %
Eutrofización de agua dulce	100 %	98,22 %	0,58 %	1,14 %	0,05 %
Eutrofización marina	100 %	98,60 %	0,21 %	0,81 %	0,38 %
Ecotoxicidad terrestre	100 %	97,90 %	1,86 %	0,15 %	0,09 %
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	100 %	37,61 %	1,02 %	0,18 %	61,19 %
Ecotoxicidad marina	100 %	73,28 %	1,47 %	0,15 %	25,09 %
Toxicidad humana carcinogénicos	100 %	98,34 %	0,81 %	0,30 %	0,54 %
Toxicidad humana no carcinogénicos	100 %	96,55 %	0,98 %	0,46 %	2,02 %
Uso del suelo	100 %	59,38 %	3,90 %	36,55 %	0,17 %
Escasez de recursos minerales	100 %	98,86 %	0,97 %	0,12 %	0,05 %
Escasez de recursos fósiles	100 %	88,35 %	8,65 %	2,84 %	0,16 %
Consumo de agua	100 %	93,38 %	0,97 %	5,27 %	0,38 %

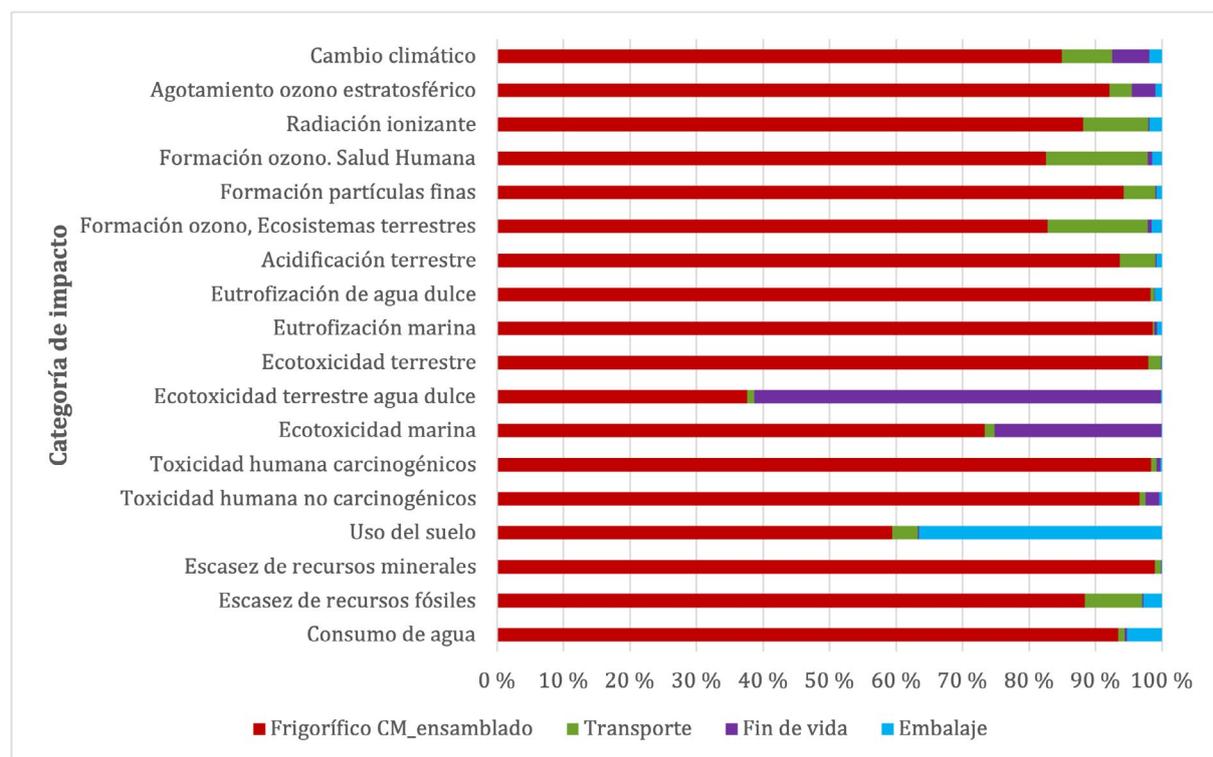


Figura 19. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso mejorado (porcentaje). Fuente: elaboración propia a partir de resultados del software Simapro.

Como se puede apreciar, el impacto de la fase de transporte y de final de vida es muy inferior al impacto propio del equipo. Cabe recordar que, debido al alcance seleccionado, no se incluye en el análisis la fase de uso del equipo.

Además, 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 que en el 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 (tabla 40), y el resultado gráfico del porcentaje que supone el impacto de cada fase respecto al total (figura 20).

Tabla 40. Resultados de impacto para el ciclo de vida del producto caso mejorado (valor único). Fuente: elaboración propia mediante software Simapro.

Daño de categoría	Unidad	Total	Frigorífico CM ensamblado	Transporte	Embalaje	Fin de vida
Total	Pt	26,88	24,60	1,38	0,35	0,55

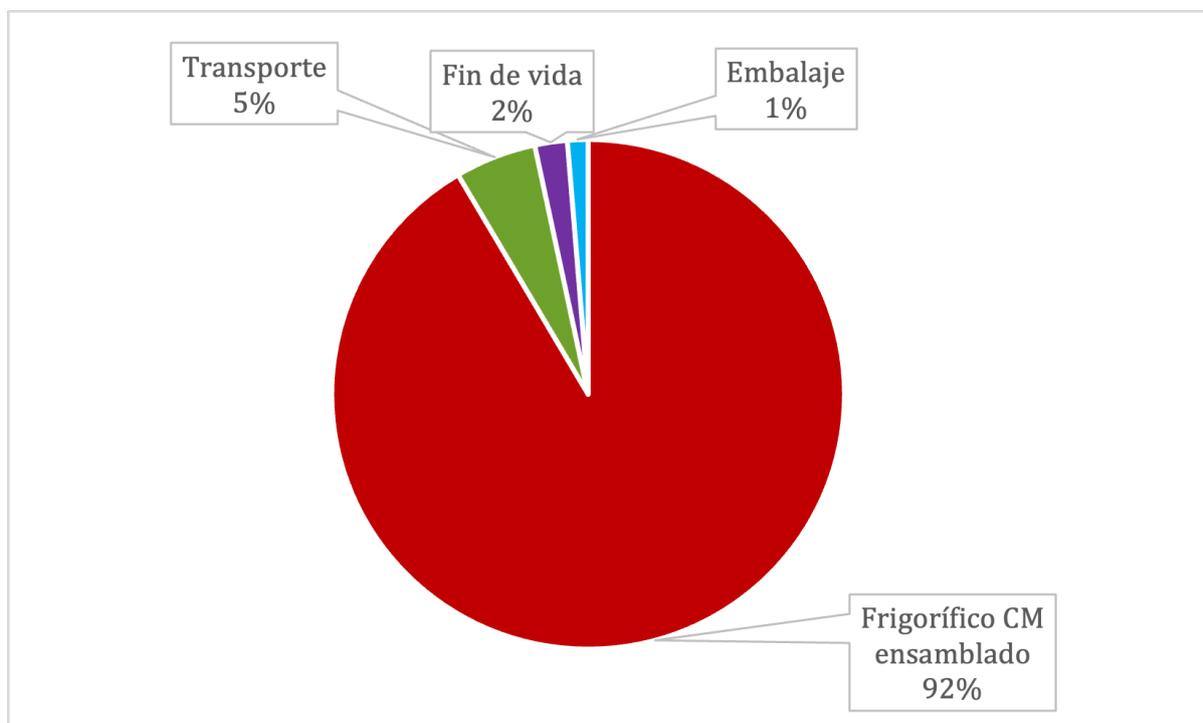


Figura 20. Distribución impactos por fases del ciclo de vida del frigorífico caso mejorado (en porcentaje de valor único). Fuente: elaboración propia a partir de resultados del software Simapro.

7.2.2. Interpretación de los resultados

En el caso del producto mejorado, en los resultados del ACV se puede comprobar cómo la fase de fabricación (o ensamblado del producto) de nuevo es la que contribuye con más intensidad a los impactos asociados al ciclo de vida del producto, tomando valores entre el 80 y 99 % en su mayoría y en función del impacto considerado. Y suponiendo el mismo porcentaje de un 92 % si se tiene en consideración el porcentaje del valor único que proporciona el método de ReCiPe end-point (H).

Concretamente, los componentes que más impacto suponen son la estructura o carcasa, seguido del tubo de gas refrigerante. En el caso de la estructura o carcasa hay que destacar su contribución a la categoría de impacto «Toxicidad humana carcinogénica» y en el caso del tubo de gas refrigerante a la categoría «Ecotoxicidad terrestre».

Por otro lado, las fases de transporte y fin de vida presentan menores porcentajes en función de la categoría de impacto considerada, tomando en general valores entre 0,2 y 15 % y 0,1 y 5 % respectivamente.

Asimismo, en este estudio se ha realizado el ACV diferenciando en el mismo la contribución que presenta el embalaje del producto, tomando en su mayoría valores entre 0,1 y 2 %.

7.3. Cambios en el análisis de costes de ciclo de vida (ACCV)

Se ha realizado un análisis de los costes del ciclo de vida del caso mejorado, en el que, de la misma manera que en el caso base, se ha despreciado la fase de diseño debido a la asociación del coste laboral del personal de diseño y de laboratorio que realizan las pruebas de validación.

Para llevar a cabo el análisis de costes se han considerado los mismos parámetros y costes asociados que en el [apartado 3.2](#). Sin embargo, se han modificado algunos de los supuestos que completan el escenario económico futuro del producto caso mejorado en base a las características del producto. Los datos de partida considerados para el caso mejorado, el año de aplicación, la tasa de descuento y la tasa de incremento serían las indicadas en la [tabla 41](#). *Tanto los datos de partida como las fuentes consultadas y las operaciones necesarias para la elaboración del CCV están disponibles en el archivo Excel adjunto.*

Siguiendo con el criterio empleado en el ACV, se requeriría 1 equipo para cubrir la misma unidad funcional que el caso base.

- El final de vida del producto completo considerado se realizaría en el año 14.
- Los porcentajes de reciclado, valorización y vertedero serán los mismos que los empleados en el ACV para el caso mejorado tabla 33.

- Dado que se ha mejorado el diseño del frigorífico para mejorar su reciclabilidad, el tiempo destinado al desmontaje del mismo ha disminuido, siendo de 1 h para los procesos de mantenimiento por parte de un técnico especialista y 0,5 h para el proceso de desmontaje por parte de un operario de planta de tratamiento.
- Como se expuso en el apartado 6.1.4, se considera también que el caso mejorado dispondrá de componentes diseñados de mayor calidad por lo que se estima que el precio de sus piezas de sustitución aumentará un 20 % respecto a las del caso base.
- Para realizar la proyección del valor a futuro y retornarlo al valor presente (valor actual neto) del producto base se ha aplicado la siguiente fórmula al coste actual:

$$VAN = (CI \cdot \text{ciclo de vida CM}) \cdot \left[\frac{(1 + e)}{(1 + i)} \right]^{(n)}$$

Donde:

- CI: es el coste inicial del producto
- (e): tasa de escalamiento.
- (i): tasa de descuento
- (n): el año de estudio
- Los demás datos aplicados en el ACCV del caso mejorado se mantienen sin variar respecto al caso base.

Tabla 41. Datos de partida considerados para la realización del ACCV del caso mejorado. Fuente: elaboración propia.

	Tipo de coste	Cantidad	Coste unitario (€/unidad)	Año de coste	Ciclos de vida	Tasa de descuento (%)	Tasa escalamiento (apreciación) (%)
Adquisición	Frigorífico	1 ud.	647,91 €/ud.	0	1	2	3
Reparación	Mantenimiento (horas de técnico)	1 h	56 €/h	10	1	2	1
	Mantenimiento (piezas)	1 ud.	146 €/ud.	10	1	2	3
Fin de vida	Desmontaje (operario)	0,5 h	55,70 €/h	14	1	2	1
	Reutilización	6,35 kg	-0,22 €/kg	14	1	2	3
	Reciclaje (coste operación de reciclado)	70,55 kg	0,12 €/kg	14	1	2	3
	Retorno por reciclado acero inoxidable (estructura)	15,08 kg	-0,83 €/kg	14	1	2	3
	Retorno por reciclado ABS (partes plásticas)	3,37 kg	-0,86 €/kg	14	1	2	3
	Retorno por reciclado Aluminio (bisagras)	0,11 kg	-0,66 €/kg	14	1	2	3
	Retorno por reciclado Cu (tubo gas refrigerante)	1,62 kg	-3,10 €/kg	14	1	2	3
	Coste de valorización energética	8,47 kg	0,02 €/kg	14	1	2	6
	Coste de eliminación (vertedero)	3,53 kg	0,05 €/kg	14	1	2	6

Nota: Las celdas con trama indican valores que varían respecto al caso base.

Los resultados obtenidos para cada tipo de costes, en el caso del producto mejorado, serían:

*Tabla 42. Resultados de costes actuales y valor actual para el caso mejorado.
Fuente: elaboración propia.*

Fase del ciclo de vida	Tipo de coste	Coste actual (€)	Valor Actual Neto (VAN) (€)
Adquisición	Coste del producto caso mejorado	647,91	647,91
Reparación	Mantenimiento (horas de técnico)	56,00	50,75
	Mantenimiento (piezas)	146,00	160,96
Fin de vida	Desmontaje (operario)	27,85	24,26
	Reutilización	-1,40	-1,60
	Reciclaje (coste operación de reciclado)	8,47	9,70
	Retorno por reciclado acero inoxidable (estructura)	-12,52	-14,35
	Retorno por reciclado ABS (partes plásticas)	-2,89	-3,31
	Retorno por reciclado Aluminio (bisagras)	-0,07	-0,08
	Retorno por reciclado Cu (tubo gas refrigerante)	-5,02	-5,76
	Coste de valorización energética	0,20	0,34
	Coste de eliminación (vertedero)	0,17	0,28
		TOTAL	864,70

8. Comparativa caso base vs. caso mejorado

Para realizar la comparativa de ambos casos, base y mejorado, es necesario realizar los cálculos sobre la misma unidad funcional. Teniendo en cuenta una unidad funcional de 8.760 horas/año de funcionamiento, y considerando la durabilidad del equipo inicial (105.120 h) y del equipo mejorado (148.920 h), se desprende que son necesarios 1,3 equipos iniciales para conseguir la misma función.

Nota: la comparativa se realiza, por tanto, entre 1,3 productos del caso base con 1 producto del caso mejorado.

8.1. Resultados comparativos de ACV

En la siguiente tabla se resume la comparativa de impactos entre el producto caso base (considerando 1,3 unidades para cubrir la unidad funcional) y el producto mejorado en cada una de las fases del ciclo de vida. Los resultados intermedios se encuentran disponibles en el Excel adjunto para su consulta.

Tabla 43. Resultados de impacto comparativo entre productos en su ciclo de vida. Diferencia de impacto para una misma unidad funcional entre caso base y caso mejorado. Fuente: elaboración propia mediante software Simapro.

Categoría de impacto	Unidad	Total	Frigorífico	Transporte	Embalaje	Fin de vida
Cambio climático	kg CO2 eq	-97,45	-78,51	-10,47	-2,78	-5,68
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	-0,000177	-0,000166	-0,000005	-0,000002	-0,000004
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	-1,00	-0,91	-0,08	-0,02	0,00
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	-0,34	-0,27	-0,06	-0,01	-0,00
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	-0,35	-0,33	-0,02	-0,00	-0,00
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	-0,35	-0,28	-0,06	-0,01	-0,00
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	-0,70	-0,64	-0,05	-0,01	-0,00
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00	0,00
Eutrofización marina	kg N eq	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	-3712,55	-3636,34	-71,27	-5,76	0,82
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	-1,09	-0,54	-0,01	-0,00	-0,54
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	-3,75	-2,96	-0,06	-0,01	-0,73
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	-12,59	-12,50	-0,05	-0,02	-0,02
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	-225,29	-218,83	-2,17	-1,04	-3,24
Uso del suelo	m2a crop eq	-5,62	-3,60	-0,19	-1,82	-0,01
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	-4,27	-4,24	-0,03	-0,00	-0,00
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	-35,40	-30,82	-3,40	-1,15	-0,02
Consumo de agua	m3	-1,05	-0,96	-0,01	-0,08	-0,00

Si se analizan los resultados en indicador único (ReCiPe end-point), se puede apreciar también la diferencia.

Tabla 44. Resultados de impacto comparativo entre productos (valor único). Diferencia de impacto para una misma unidad funcional entre caso base y caso mejorado. Fuente: elaboración propia mediante software Simapro.

	Unidad	Total	Frigorífico	Transporte	Embalaje	Fin de vida
Frigorífico caso mejorado	Pt	26,88	24,60	1,38	0,35	0,55
Frigorífico caso base (1,3)	Pt	34,07	31,17	1,78	0,45	0,67
Diferencia (absoluto)	Pt	-7,19	-6,57	-0,40	-0,10	-0,11
Diferencia (porcentaje)	%	-26,73%	-26,70%	-28,94%	-29,76%	-20,60%

Se puede observar cómo es la fase de fabricación del frigorífico la que un mayor impacto presenta en ambos modelos.

En la siguiente figura se presentan los resultados gráficamente para facilitar su comparativa:

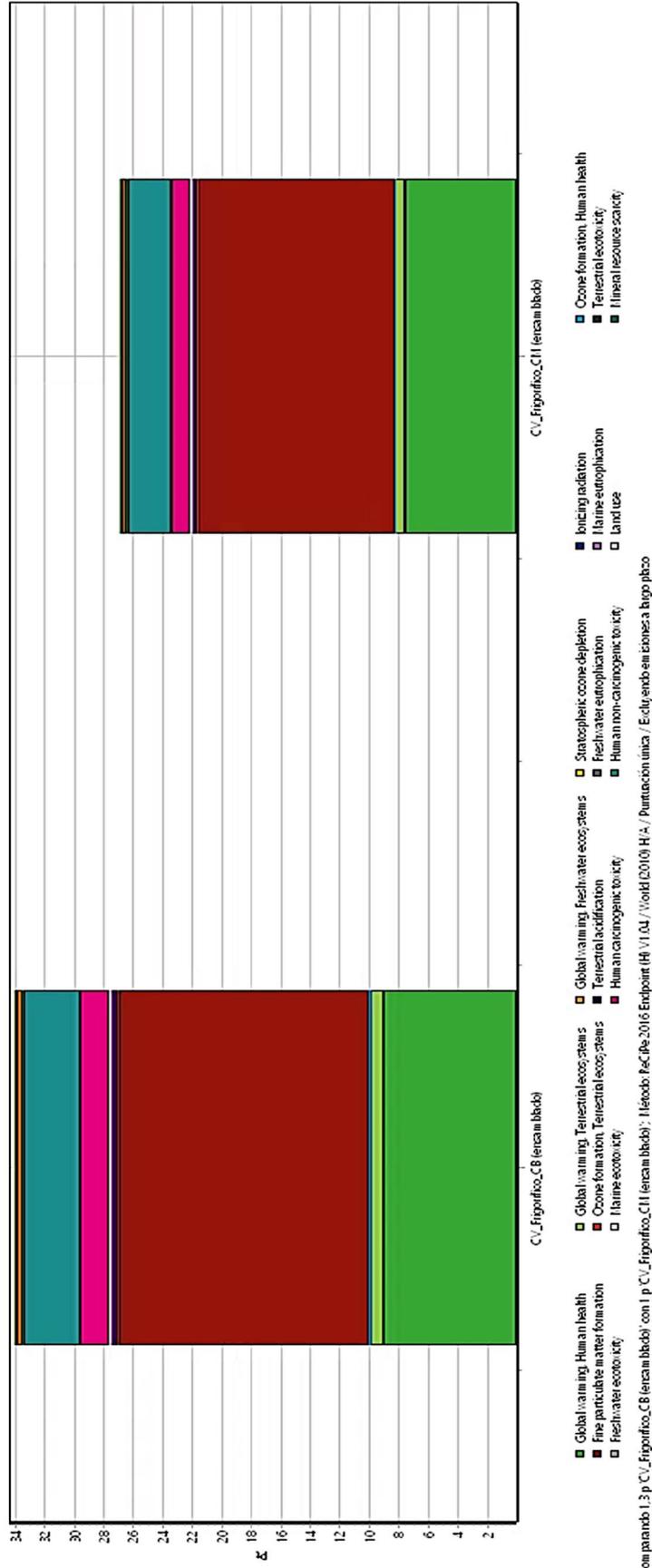


Figura 21. Resultados de comparar el ciclo de vida de 1,3 caso mejorado según la ponderación en un indicador único de los diferentes impactos asociados a cada componente. Fuente: software Simapro.

8.2. Resultados comparativos de ACCV

La siguiente tabla resume la comparativa de costes entre el producto caso base y el mejorado.

Fase del coste	Tipo de coste	Base	Mejorado	Diferencia
		VAN (€)	VAN (€)	VAN (€)
Compra o adquisición	Frigorífico	717,56 €	647,91 €	-69,65 €
Reparación	Mantenimiento (técnico)	132,21 €	50,75 €	-81,47 €
	Mantenimiento (piezas)	174,69 €	160,96 €	-13,72 €
Fin de Vida	Desmontaje (operario)	63,43 €	24,26 €	-39,17 €
	Reutilización	-1,03 €	-1,60 €	-0,57 €
	Reciclaje (reciclado operación)	12,46 €	9,70 €	-2,76 €
	Retorno del reciclado	-8,92 €	-23,50 €	-14,58 €
	Valorización energética	0,43 €	0,34 €	-0,09 €
	Eliminación (vertedero)	0,76 €	0,28 €	-0,48 €
	Costes TOTALES		1.091,61	869,11

Como se puede apreciar, y teniendo en cuenta las hipótesis y suposiciones de cálculo realizadas, el VAN del producto mejorado estaría por debajo del VAN del producto inicial, cubriendo la misma unidad funcional con menos de 200 €.

Estas diferencias tienen su motivo principal en la necesidad de cubrir una parte proporcional de un nuevo equipo, realizando así costes adicionales a largo plazo.

8.3. Interpretación de los resultados

De forma genérica se puede considerar que, tanto desde el punto de vista ambiental, como económico, resulta en principio recomendable alargar la vida útil del equipo.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que para la realización de este estudio comparativo se han realizado una serie de hipótesis y suposiciones de cálculo, así como el uso de datos bibliográficos, que en un caso real deberían confirmarse y validar en mayor detalle su calidad.

Además, no se ha tenido en cuenta la fase de uso del aparato y, por ende, el ahorro energético que supone un aparato de mejor rendimiento energético.

En todo caso, este ejemplo pretende ilustrar una metodología de evaluación comparativa que se podría aplicar en casos reales si se dispone de la información fidedigna.

9. Evaluación de criterios de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad

Una vez expuestos los principales obstáculos que merman la vida útil de los frigoríficos, en este apartado se pretende, por un lado, hacer una valoración basada en aspectos de diseño que permita identificar aquellos con mayor impacto en la durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad del equipo y, por otro, una evaluación de los criterios identificados a lo largo de todo el informe que afecten a la durabilidad, reparabilidad o reciclabilidad del aparato.

Para definir dichos criterios de evaluación en frigoríficos, se ha tomado como base el caso de estudio de una lavadora, informe elaborado en colaboración con el IHOBE¹⁰⁴. En éste se precisa una posible metodología a seguir para elaborar un estudio completo de los aspectos de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad, concreta las etapas para evaluar estos aspectos en dichos productos, para, finalmente, poder establecer los posibles indicadores y criterios de evaluación.

Dado el alcance del presente proyecto, en este informe se realizará un planteamiento general para valorar los criterios de durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad a modo de ejemplo, sin entrar en el detalle que sería requerido en un estudio en profundidad, basado en normas y que debería ser contrastado con el mercado y con los fabricantes, lo cual sobrepasaría el alcance previsto del proyecto.

El objetivo último es poder definir una serie de criterios y la forma de valoración que se podría emplear, que permitan valorar la durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad potencial del producto. Se debe entender que es una primera propuesta, a modo de guía de cómo plantear esta aproximación más que una aplicación detallada y exhaustiva de la misma. Los datos incluidos provienen de una revisión bibliográfica de diferente documentación, y en el caso de una aplicación detallada, se debería contar con información directa del mercado, a través de fabricantes, reparadores, etc.

9.1. 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**- 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.

¹⁰⁴ IHOBE, 2022. [Estudio de obsolescencia de lavadora doméstica](#). (Informe completo disponible en el anexo 1 del Informe de obsolescencia de una lavadora)

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.

9.1.1. Aspectos de diseño que pueden aumentar la durabilidad

Diferentes fuentes bibliográficas consultadas indican posibles aspectos de diseño que pueden aumentar la durabilidad del equipo.

No pretende ser una lista exhaustiva de aspectos de diseño, sino una lista ejemplo de posibles aspectos que pueden ser relevantes. Los aspectos de diseño no tienen por qué ser independientes unos de otros, ya que pueden estar relacionados. Y, por otra parte, hay que tener en cuenta que un aspecto que mejore la durabilidad puede afectar negativamente a otros aspectos, como reparabilidad o reciclabilidad.

A continuación, la tabla siguiente resume los diferentes aspectos considerados. La valoración de esa afectación se escala en tres niveles: alta, media o baja afectación.

Entre las fuentes bibliográficas e iniciativas consultadas (recogidas estas últimas en el [apartado 3.4.6](#)) para establecer los aspectos tratados, se encuentra un reciente proyecto europeo (C-SERVEES⁹⁹, 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.

Tabla 45. Aspectos de diseño que pueden mejorar la durabilidad del equipo. Fuente: elaboración propia e IHOBE¹⁰⁴.

Nivel	Aspectos de diseño	Valoración			Comentarios
		Alta	Medio	Baja	
Componente	Mayor capacidad de reparación/ sustitución de los componentes con mayor tasa de fallo (bisagras de las puertas, tubo de gas refrigerante, etc.)	X			La mayor facilidad de reparación/sustitución de los componentes se puede conseguir facilitando su acceso y desmontaje, disponiendo de partes de recambio y facilitando información al respecto.
Componente	Mejora de la fiabilidad de los componentes de mayor desgaste o tasa de fallo, mejorando el diseño o los materiales empleados (juntas de las puertas, bisagras, tiradores, etc.).		X		Este aspecto reduciría el número de reparaciones, pero podría incrementar el precio de los componentes.
Usuario	Mayor información al usuario sobre condiciones de uso, etc.	X			La durabilidad del frigorífico está influenciada por las condiciones de uso y del mantenimiento del equipo. El usuario debe estar informado de las operaciones a evitar y de las operaciones de mantenimiento a realizar.
Componente	Mayores especificaciones técnicas sobre las partes plásticas (resistencia al impacto, calentamiento, abrasión, etc.) o diseño estructural más robusto (mayor espesor, distribución de nervios, etc.).		X		La fiabilidad de las partes plásticas que sufren mayor desgaste (bisagras, revestimiento interno, 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	Mayor protección anticorrosión de las partes metálicas, que puedan verse afectadas por la humedad o contacto con líquidos.	X			Este aspecto se puede conseguir empleando materiales de mayor calidad (por ejemplo, acero inoxidable) o mediante los recubrimientos adecuados (tipo, espesor, etc.). Este recubrimiento no debe dificultar el reciclado posterior, ni contener substancias clasificadas.
Componente	Mejora de la estanqueidad de las partes del equipo que pueden verse afectadas por la humedad o contacto con líquidos (especialmente componentes eléctricos y electrónicos) o por acumulación de polvo.		X		Si se trata de componentes eléctricos/electrónicos, puede dificultar la disipación térmica de los mismos y dificultar su reparación si es necesaria.
Componentes	Incluir sensores de temperatura, vibración, líquidos, etc. que detecten desviaciones en estos parámetros claves y pueden 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 o el equipo.
Componentes	Inclusión de protecciones contra sobretensiones.		X		Incluir en partes débiles (fáciles de sustituir, como fusibles) que se dañen en caso de sobretensión, sin afectar al resto de componentes electrónicos.
Componentes	Emplear redundancia en aquellas partes que puedan provocar un fallo grave del equipo.		X		Por ejemplo, en tubo de refrigeración, que permita la rotura del tubo interior, sin que se produzca la fuga al exterior. El mismo concepto se puede emplear para sensores críticos, fallo por el cual se producen fallos o mal funcionamiento grave del equipo (sensores de temperatura, etc.).
Componentes	Emplear códigos de colores que ayude a identificar piezas las valiosas del equipo	X			Existen varias oportunidades de mejorar el diseño de los productos para facilitar su desmontaje, por ejemplo, utilizando códigos de colores para identificar las piezas valiosas u otros componentes. Esta información también puede estar disponible a través de un código QR colocado en el producto ⁹⁶ .

9.1.2. Posibles criterios de evaluación de la durabilidad

En este apartado se realiza una primera reflexión sobre qué criterios se podrían fijar para evaluar la durabilidad de un frigorífico. Dichos criterios, reflejados en la tabla siguiente, se basan en referencias bibliográficas y en los resultados de los apartados anteriores.

Se han clasificado los criterios por el tipo de aspecto que cubre. 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, por lo que nuevamente no pretende ser una lista exhaustiva cerrada. El paso siguiente sería confirmar los criterios con el sector y disponer de datos reales del mercado para poder consensuar una ponderación de cada criterio y obtener finalmente un valor único que represente la durabilidad potencial del producto. Esta puntuación única se ajustaría a la realidad del mercado, y así se podrían clasificar los productos en diferentes categorías según el criterio de durabilidad.

Por otra parte, no todos los criterios tienen la misma relevancia de cara a la durabilidad, reparabilidad o reciclabilidad del producto.

Existe un proyecto en Francia, pilotado por ADEME, para desarrollar un índice de durabilidad para diferentes tipos de productos. Para ello, se desarrolló un estudio preparatorio⁵⁰ (julio 2021) 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 reparabilidad⁶⁷, ya que se consideran en algunos casos criterios similares (una propuesta es integrar el índice de reparabilidad en el de durabilidad).

Tabla 46. Propuesta de criterios de valoración de la durabilidad. Fuente: elaboración propia e IHOBE¹⁰⁴.

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Vida útil evaluada de forma estándar.						Sería el criterio definitivo para la clasificar la durabilidad de los equipos, pero se requiere un método estándar para evaluar dicha durabilidad en frigoríficos y un ranquin del mercado para poder puntuar (distribución del mercado respecto al número de horas de uso).
Años de garantía para el equipo.	4 años	5 años	6 años	7 años	>8 años	El cumplimiento del Real Decreto 7/2021 ¹⁰⁵ (3 años) sería el valor mínimo. Se incrementaría la puntuación un punto por año adicional.
Disponibilidad y accesibilidad a un contador de uso (por ejemplo número de horas de uso).	Disponible, pero no accesible para el usuario		Disponible, pero difícilmente accesible para el usuario (más de tres clics)		Disponible, y fácilmente accesible para el usuario (menos de tres clics)	La información sobre el número de horas de uso del frigorífico puede favorecer su reutilización o su remanufactura. Por ello se valora que esta función esté disponible.

¹⁰⁵ 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: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-6872

9.2. Evaluación de la reparabilidad del producto

De manera análoga al aspecto de durabilidad, la evaluación de la reparabilidad del producto, al tratarse de un producto relacionado con la energía, se podría basar en las indicaciones de la norma: **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.

De la misma manera que para el aspecto de durabilidad, 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, en este apartado se realizará un análisis de los aspectos de diseño que pueden aumentar la reparabilidad del equipo, por un lado y, por otro, se identificarán los posibles criterios para evaluar la misma.

9.2.1. Aspectos de diseño que pueden aumentar la reparabilidad

Diferentes fuentes bibliográficas consultadas indican posibles aspectos de diseño que pueden aumentar la reparabilidad del equipo, resumidos en la tabla siguiente. La valoración de esa afectación se escala en tres niveles: alta afectación del aspecto sobre la reparabilidad, media o baja afectación.

No pretende ser una lista exhaustiva de aspectos de diseño, sino una lista ejemplo 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 47. Aspectos de diseño que pueden mejorar la reparabilidad del equipo. Fuente: elaboración propia e IHOB104.

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 propiedad industrial, periodos de garantía, posibles daños adicionales al equipo. etc.
Usuario	Manual digital (acceso mediante QR) de desmontaje del equipo ¹⁰¹	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 ¹⁰¹		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.

9.2.2. Posibles criterios de evaluación de la reparabilidad

En este apartado, se realiza una primera reflexión sobre qué criterios se podrían fijar para evaluar el grado de reparabilidad de un frigorífico basado en los criterios del apartado anterior.

Dichos criterios, reflejados en la tabla siguiente, se basan en los criterios indicados en la norma UNE EN 45554, en el Índice de Reparabilidad francés¹⁰⁶ (tomando como referencia los criterios análogos a los descritos en este índice para lavadoras), en referencias bibliográficas y en la información y resultados de los apartados anteriores. Se indica también una primera propuesta de escala de valores, a confirmar con el sector y datos reales del mercado.

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, por lo que no pretende ser una lista exhaustiva cerrada.

Por otra parte, no todos los criterios tienen la misma relevancia de cara a la reparabilidad del producto. Por ello, se propone consensuar una ponderación de cada criterio para obtener finalmente un valor único que represente el potencial de reparabilidad 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.

Mencionar de nuevo que en Francia ya existe un índice de reparabilidad operativo para frigoríficos, que se ha empleado de referencia en este estudio, y que la Comisión Europea está trabajando para plantar un índice general a nivel europeo, dentro de la iniciativa de productos sostenibles.

Tabla 48. Propuesta de criterios de valoración reparabilidad. Fuente: elaboración propia e IHOBE¹⁰⁴.

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
Intensidad de desmontaje.	19 > DDI ≥ 15	15 > DDI ≥ 11	11 > DDI ≥ 7	7 > DDI ≥ 3	DDI < 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.

¹⁰⁶ <https://www.indicereparabilite.fr/>

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.
Tipos de sujeciones y conectores.		Retirable ¹⁰⁷ , 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 disponibilidad piezas de recambio partes críticas.	11 años	12 años	13 años	14 años	> 14 años	El cumplimiento de la normativa ^{54, 10} (10 años) sería el valor mínimo exigible. Se incrementaría un punto por cada año adicional. Se debe fijar las piezas sobre las que se realiza el análisis.
Plazo de entrega 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 ¹⁰ (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.
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. El reglamento de frigoríficos ¹⁰ ya fija unos perfiles mínimos de acceso.
Periodo de acceso a la información sobre reparación y mantenimiento.	11 años	12 años	13 años	14 años	> 14 años	El Reglamento (UE) 2019/2019 ¹⁰ indica ya un periodo mínimo (10 años) tras la introducción en el mercado de la última unidad de un modelo. También fija el contenido mínimo de dicha información (esquemas, etc.).
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 de forma gratuita	El cumplimiento de la normativa ¹⁰ (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.

¹⁰⁷ 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.

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
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 alfa numérico, 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 interface de diagnóstico, y más claros sean los mensajes, mayor posibilidad de que se realice la reparación del equipo.
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 este proceso y por tanto la reparación del equipo.
Tipo de asistencia técnica para el usuario.	Información remota vía web, lista de FAQs, etc.		Asistencia remota para el diagnóstico (<i>hotline</i> , chat, aplicación, diagrama de decisión, etc.)		Soporte remoto para la reparación (<i>hotline</i> , 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 de circuitos o firmware.	Lo pueden realizar reparadores profesionales autorizados, con acceso restringido a la información de cómo realizarlo		Lo pueden realizar reparadores profesionales, con acceso público a la información de cómo realizarlo		Lo puede realizar el 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. 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.

9.3. Evaluación de la reciclabilidad del producto

Para este último aspecto, el IHOBE, como entidad colaboradora en el informe de obsolescencia de una lavadora¹⁰⁴, recomienda que la evaluación de la reciclabilidad del producto, al tratarse de un producto relacionado con la energía, se base en las indicaciones de la norma: **UNE-EN 45555:2020**-Métodos generales para la evaluación de la reciclabilidad y de la valorizabilidad de los productos relacionados con la energía (o su equivalente EN 45555:2019).

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 un frigorífico. 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.

9.3.1. 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.

Dichos aspectos se presentan en forma de *checklist*, con una estimación inicial sobre el nivel de afectación al escenario propuesto (alta, media o baja).

Tabla 49. Aspectos de diseño que pueden afectar a la reciclabilidad. Fuente: elaboración propia e IHOBÉ¹⁰⁴.

Aspectos de diseño	Valoración			Comentarios
	Alta	Medio	Baja	
Capacidad de identificación y retirada de componentes que tienen que separarse durante el proceso de descontaminación (por ejemplo, circuitos impresos, pantallas, cables, gases refrigerantes, etc.)	X			Se debería suministrar información clara sobre los componentes que deben separarse durante el proceso de descontaminación del frigorífico (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 (acceso mediante QR ¹⁰¹) 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 ¹⁰⁸ .
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 (teclados de los controladores, tubos del gas refrigerante, 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.

¹⁰⁸ <https://i4r-platform.eu/>

Aspectos de diseño	Valoración			Comentarios
	Alta	Medio	Baja	
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.
Capacidad de acceder y retirar partes que contengan Materias Primas Fundamentales o Materiales Críticos		X		Se considera que estos materiales 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		A parte de los aceites y gases refrigerantes, 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.

9.3.2. 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 lavadoras¹⁰⁴.

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 (informe de obsolescencia de lavadoras), y continuando con el proceder para la va-

loración de los anteriores aspectos, en la tabla siguiente 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 50. Propuesta de criterios de valoración de la reciclabilidad. Fuente: elaboración propia e IHOBE¹⁰⁴.

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				Información clara y accesible a través de códigos de colores o QR para identificación de componentes	Según el Reglamento se deberá velar por que los frigoríficos estén diseñados de manera tal que se puedan extraer de ellos 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 descontaminación de un frigorífico (ubicación, forma de acceso, herramientas necesarias, etc.). Debe facilitarse el acceso a dichas partes y su desmontaje (uniones, etc.).
Facilidad de desmontaje de piezas	$19 > \text{DDi} \geq 15$	$15 > \text{DDi} \geq 11$	$11 > \text{DDi} \geq 7$	$7 > \text{DDi} \geq 3$	$\text{DDi} < 3$	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..

Criterio	Valoración					Comentarios
	1	2	3	4	5	
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 Real Decreto 110/2015 ² aplicables a frigoríficos. El cumplimiento de la norma sería la mínima puntuación.
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 contengan 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...) Analizar la compatibilidad de materiales no separable (por ejemplo, plásticos de diferente densidad que puedan separarse por flotación).

10. Conclusiones

Limitaciones para la elaboración del estudio

En la elaboración de un estudio pormenorizado de un producto, y como ya se ha venido comentando, los resultados están condicionados al origen de los datos. Para que este informe tuviera una realidad basada en datos empíricos y no fuera un estudio teórico, habría sido imprescindible contar con, al menos, una de las siguientes colaboraciones:

- Del sector: fabricantes, reparadores, distribuidores, consumidores, plantas de tratamiento de RAEE, etc., ya que disponen de datos clasificados y confidenciales del producto. Es imprescindible, por tanto, que la propia industria facilite la información requerida para la elaboración del ACV y ACCV.
- De un laboratorio de pruebas que, a falta de las anteriores colaboraciones, ofrezcan valores reales del producto.

No obstante, no habiéndose producido las anteriores cooperaciones para la elaboración del presente informe, la única información disponible proviene de fuentes bibliográficas públicas (estudios científicos, publicaciones específicas, pruebas de los productos), búsquedas en páginas de internet y del conocimiento de los propios autores. Esta limitación ha supuesto que este estudio ilustre una metodología de evaluación comparativa que, si bien se podría aplicar en casos reales si se dispone de la información fidedigna, en este caso se trate de un ejemplo teórico. Los resultados de este estudio son, por tanto, consecuencia de la metodología utilizada.

En caso de que se considere necesario su desarrollo, se deberían considerar datos reales de los equipos disponibles en el mercado, y hacer participar en su desarrollo a los diferentes actores implicados (p.ej. fabricantes, reparadores, distribuidores, consumidores, etc.)

A continuación, se expone a modo de ejemplo algunas de las colaboraciones con las que se contó para la elaboración de otros estudios de estas características:

- Estudio de durabilidad de productos¹¹ encargado por la Comisión Europea y llevado a cabo por: la consultora global de ingeniería, estrategia y medio ambiente Ricardo-AEA, en cooperación con Intertek (proveedor líder de servicios ATIC: Assurance, Testing, Inspection y Certification)¹⁰⁹ y con el Istituto di Management, Scuola Superiore Sant'Anna¹¹⁰. Los resultados de este estudio se recogen en los

¹⁰⁹ <https://www.intertek.es/>

¹¹⁰ <https://www.santannapisa.it/en/institute/management>

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.

- Estudio de la Agencia Federal de Medio Ambiente alemana sobre la influencia de la vida útil de los productos en términos de impacto ambiental³⁵ elaborado por el Instituto de investigación ambiental Oeko-Institut e.V.¹¹¹ con la participación del Departamento Especializado en Electrodomésticos y Tecnología de los Electrodomésticos de la Universidad de Bonn y que contó con la información de representantes del sector (encuestas a fabricantes, vendedores, reparadores, gestores de residuos y consumidores), resultados de las pruebas realizados por el laboratorio de pruebas externo de Stiftung Warentest¹¹², estudios de mercado de la Sociedad de Investigación de Consumo GfK¹¹³ sobre la duración del uso de los grandes electrodomésticos en Alemania, entre otras.

La Agencia de transición ecológica francesa (ADEME) ha liderado varios estudios con el fin de implantar para 2024 (junto con el ya existente índice de reparabilidad) un índice de durabilidad. Para el mismo, se realizaron informes sobre la evaluación económica de la prolongación de la vida útil de los aparatos eléctricos y electrónicos a escala doméstica⁴², donde se llevaron a cabo encuestas y entrevistas directas a diferentes representantes del sector (fabricantes, reparadores, consumidores) y se realizó la compra de datos a institutos de estudios de mercado (GfK y Tipten). Además, se desarrolló un estudio preparatorio (julio 2021)⁵⁰ para la introducción de este índice de durabilidad donde los ministerios y la ADEME desarrollarán estos índices conjuntamente con todas las partes interesadas (fabricantes, minoristas, distribuidores, ONG, asociaciones de consumidores y especialistas, etc.).

Así mismo, a la hora de hacer frente a la segunda parte de este estudio que abarca la comparación del comportamiento ambiental entre productos de a corto (caso base) y largo plazo (caso mejorado), se vuelve a incidir en los siguientes aspectos que limitan las conclusiones alcanzadas en el estudio:

- Limitaciones propias del estudio, en especial asociadas al uso de fuentes bibliográficas en lugar de datos directos de fabricantes.
- Se trata de un estudio comparativo, y por tanto los aspectos similares para ambos productos no están cubiertos en los ACV y ACCV realizados (por ejemplo, consumo energético, etc.). Esto limita la comparativa con otros estudios similares.

¹¹¹ Instituto de Ecología Aplicada, División de Investigación 'Productos Sostenibles y flujos de materiales'. <https://www.oeko.de/en/>

¹¹² La asociación alemana de consumidores Stiftung Warentest comprueba periódicamente la vida útil de ciertos productos (como las lavadoras domésticas simuladas desde 1993) y publica los resultados junto con los informes sobre las pruebas de usabilidad casi todos los años. Las pruebas se llevan a cabo según lo especificado por Stiftung Warentest en un laboratorio externo. <https://www.test.de/>

¹¹³ www.gfk.com

- Las opciones de diseño implementadas no se han contrastado con el sector, y se ha estimado el grado de beneficio que aportan respecto al incremento de durabilidad del producto. Existe la posibilidad que una implantación real de dichas opciones no conduzca directamente al aumento de vida esperado.
- Pueden existir otros aspectos de diseño que alarguen la vida útil del producto, (durabilidad, reparabilidad o reciclabilidad) no cubiertos por el estudio y que puedan tener un efecto significativo en el alargamiento de su vida útil.

Conclusiones estudio pormenorizado

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 lado, un análisis sobre las principales causas de obsolescencia en frigoríficos y los problemas más importantes que existen a la hora de repararlos hoy en día.

Según las fuentes bibliográficas consultadas, se identificaron piezas como los termostatos, tubos y juntas del gas refrigerante, compresor, placa de circuito electrónico o las bisagras y fijaciones como los componentes que más fallos presentan a lo largo de la vida del equipo. Asimismo, se detallaron los principales obstáculos con los que se encuentran usuarios y reparadores profesionales a la hora de llevar a cabo las reparaciones de dichos componentes. Entre ellos destaca la dificultad de desmontar el equipo para la detección de los fallos debido al acople entre piezas y estructuras, la necesidad de usar herramientas específicas solo disponibles para profesionales asociados a los fabricantes del producto, la escasa información técnica sobre reparación y mantenimiento del producto disponible para consulta, sumado a la dificultad de disponer de piezas de repuesto y los costes poco competitivos de las mismas frente a un producto nuevo.

Por lo tanto, algunas de las propuestas para mejorar las opciones de reparación y reciclaje de los frigoríficos son: rediseñar los equipos de manera que se pueda acceder a todas las partes críticas de una forma asequible para los reparadores profesionales, así como emplear materiales en su diseño que permitan ser reciclados, estandarizar los componentes y, por tanto, las herramientas, sin que existan incompatibilidades entre marcas o modelos de un mismo producto, o mejorar el acceso a la información sobre el mantenimiento, reparaciones y correcto reciclaje del aparato por parte de los fabricantes, entre otras.

En este sentido, se analizó la normativa más actual aprobada en Europa que establece criterios de ecodiseño, fijando requisitos para la reparabilidad y reciclabilidad de los frigoríficos. Con todo ello se espera mejorar algunas de las anteriores dificultades, permitiendo así alargar la vida útil del producto y aumentar las tasas de reciclaje del mismo.

Conclusiones de ACV

En la segunda parte del presente estudio, se ha llevado a cabo una comparativa entre un frigorífico base y uno mejorado en lo que se refiere a aspectos de uso eficiente de materiales (durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad).

Expuestas las dificultades y limitaciones del presente estudio, se puede considerar que, el alargamiento de la vida útil del producto (paso de 11 años a 14 años) y las posibles mejoras de diseño que faciliten la reparación y el reciclado, presentan un beneficio ambiental (y económico).

Si bien las limitaciones comentadas dificultan la posibilidad de poder comparar las conclusiones con otros estudios, estos resultados se presentan en concordancia con otras publicaciones de referencia analizadas, que certifican que aumentar la vida de los productos supone una estrategia a considerar para mejorar el perfil ambiental de éstos. Una ventaja importante de la prolongación de la vida útil de los AEE es el uso más intensivo de los recursos del aparato y la optimización en cuanto al impacto medioambiental asociado.

En el informe de la Comisión Europea sobre la durabilidad¹¹ se expone que hay muchos factores a tener en cuenta antes de poder evaluar plenamente los beneficios de la extensión de la durabilidad de los productos, entre ellos:

- Los límites prácticos de la vida útil de los métodos de fabricación actuales;
- las implicaciones económicas de los cambios en los materiales, componentes y fabricación de los productos para ampliar su vida útil;
- los índices de innovación que podrían hacer que los productos de vida útil ampliada quedaran obsoletos e ineficaces;
- los hábitos de compra de los consumidores y las expectativas de rendimiento de los productos para los distintos tipos de productos;
- las posibles repercusiones de los productos más duraderos en su potencial de segunda vida útil, por ejemplo, el riesgo de que se reduzca el potencial de reacondicionamiento;
- la disponibilidad y aceptación de normas, ensayos y métodos de cumplimiento adecuados para mejorar la durabilidad.

Según la norma ISO/TR 14062 (2002) «también es necesario un equilibrio entre la prolongación de la vida útil de un producto y la aplicación de los últimos avances tecnológicos que puedan mejorar el rendimiento medioambiental durante su uso, teniendo en cuenta las posibles mejoras durante el desarrollo del producto».

Y la norma ISO/TR 14049 (2012) también señaló que «para los productos de larga duración, como los frigoríficos con una vida útil de 10 o 20 años, el desarrollo tecnológico es un factor que no se puede ignorar. Un frigorífico con una vida útil de 20 años no puede compararse simplemente con dos frigoríficos actuales con una vida útil de 10 años. Los frigoríficos disponibles dentro de 10 años serán seguramente más eficientes desde el punto de vista energético (es decir, menor consumo de energía por unidad funcional) que los actuales». Por lo tanto, los diferentes niveles de eficiencia de los productos deben incluirse como parte de la evaluación.

Aunque es innegable el beneficio ambiental que supone el cambio de los frigoríficos más antiguos (en especial aquellos que tienen más de 20 años, fabricados en 1997 o antes), cuyo consumo energético suele ser mayor que el de los aparatos nuevos más eficientes, y, además, pueden contener refrigerantes halogenados y agentes espumantes que tienen un potencial de calentamiento global (PCG) alto o muy alto y, en algunos casos, un alto potencial de agotamiento de la capa de ozono (ODP); la conclusión de varios estudios de ACV de frigoríficos muestran que la eficiencia energética está llegando actualmente al límite técnico. Es decir, no se prevén grandes aumentos de la eficiencia energética en un futuro próximo, lo que significa que el ahorro de energía logrado mediante el uso de aparatos nuevos y aún más eficientes no puede compensar los grandes impactos ambientales asociados a la fabricación.

La sustitución de un frigorífico o reparación dependerá de su edad y eficiencia energética. Sustituir un aparato de menos de 20 años con una eficiencia A+++ (antes del nuevo etiquetado de marzo de 2021), por un nuevo modelo, sólo podría verse compensado si este nuevo consumiera unas 50-80 veces menos energía que el anterior¹¹⁴.

Entre otros, en el estudio llevado a cabo por Bakker et al. (2014)¹¹⁵ (utilizado por la Comisión Europea en su estudio preparatorio de frigoríficos) se investigaron varios escenarios para evaluar la extensión de la vida útil con referencia a un indicador de impacto ambiental (ReCiPe). En el caso los frigoríficos, se comprobó que era preferible una estrategia de ampliación de la vida útil, aunque los nuevos aparatos fueran más eficientes desde el punto de vista energético. La comparación se basa en un enfoque de indicadores armonizados para evaluar el impacto del ciclo de vida, teniendo en cuenta la salud humana, la biodiversidad y la disponibilidad de recursos. Basándose en sus estudios, concluyeron que sería beneficioso para el medio ambiente que los frigoríficos comprados en 2011 se utilizaran durante 20 años en lugar de solo 14 (figura 22).

¹¹⁴ Öko-Institut e.V., Repair or replace? Extending the life-span of your home appliances – FAQs and helpful hints

¹¹⁵ Bakker, C., Wang, F., Huisman, J., & Den Hollander, M. (2014). Products that go round: exploring product life extension through design. *Journal of Cleaner Production*, 69, 10-16.

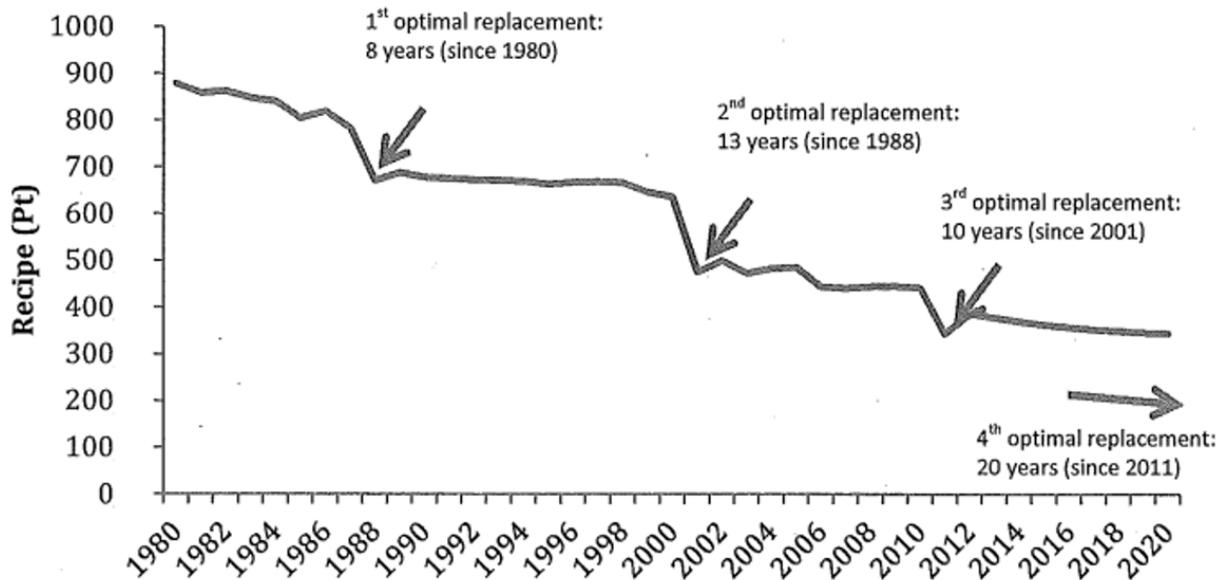


Figura 22. Vida útil óptima para frigoríficos/congeladores según el indicador de impacto ambiental (ReCiPe). Fuente: Bakker et al. (2014)¹¹⁵.

Hay muchas publicaciones dedicadas a la importancia de la energía en el ciclo de vida de los productos, y consecuentemente, las acciones de ecodiseño han ido históricamente asociadas a esta mejora de la eficiencia, pero sólo se han encontrado unos pocos ejemplos de ACV que consideren criterios de economía circular.

En el estudio de la Comisión Europea llevado a cabo por Boulos et al. (2015)¹¹ sobre la durabilidad de los productos, se emplea el ACV para estudiar los aspectos medioambientales y los impactos potenciales de todo el ciclo de vida del producto, realizando una evaluación objetiva de las ventajas o inconvenientes que supone una mayor durabilidad. En los resultados, y en base a los supuestos realizados en el proyecto, se identifica que, ampliar la vida útil de un frigorífico de 10 a 15 años puede dar lugar a una serie de beneficios ambientales desde el punto de vista de su ciclo de vida, sobre todo para los impactos cuya contribución depende principalmente de la fase de producción.

Volviendo a los estudios de ADEME⁴², en la siguiente figura y tabla se recogen los resultados obtenidos cuando el consumidor opta por prolongar la vida útil total de un frigorífico en lugar de sustituirlo por otro nuevo, el consumidor evita la emisión de «X» kg de CO₂-eq por producto para una extensión determinada de un, dos o tres años.

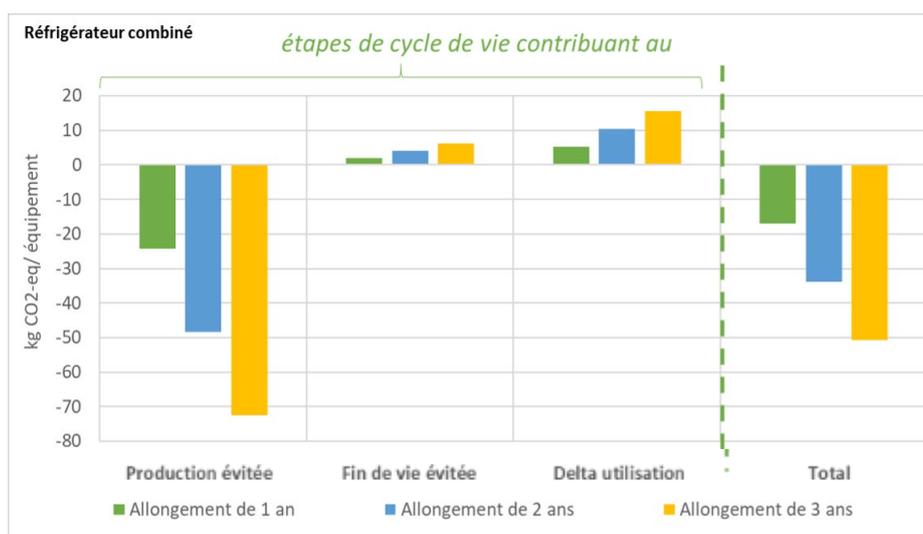


Figura 23. Resultado del escenario de alargar la vida útil de un frigorífico combi para el indicador de cambio climático (kg de CO₂-eq/ producto). Fuente: ADEME, 2019.

Tabla 51. kg de CO₂-eq evitados según la prolongación de la vida útil de un frigorífico. Fuente: ADEME, 2020.

Medioambiental (en kg de CO ₂ -eq/tiempo de prolongación)			
	Alargar 1 año	Alargar 2 años	Alargar 3 años
Fabricación	-24	-48	-72
Fin de vida	2	4	6
Utilización	5	10	16
Total	-21	-42	-63

Comparándolo con los resultados del presente estudio y analizando el mismo impacto, alargar la vida útil del aparato de 11 a 14 años (caso base- caso mejorado) supone una reducción de 97,45 kg CO₂ eq.

Tabla 52. kg de CO₂-eq evitados según la prolongación de la vida útil del frigorífico estudiado (caso mejorado respecto a 1,3 caso base). Fuente: elaboración propia.

Categoría de impacto de cambio climático (kg CO ₂ eq)	
Fase ciclo de vida	Alargar 4 años la vida útil
Fabricación	-78,51
Transporte	-10,47
Fin de vida	-5,68
Embalaje	-2,78
TOTAL	-97,45

Conclusiones de ACCV

En cuanto al coste de vida, queda confirmado con el presente informe que alargar la vida de un producto supone un ahorro de costes, recordando que para este estudio no se ha tenido en cuenta el coste en la fase de uso.

Esta misma conclusión alcanza el estudio llevado a cabo por Boulos et al. (2015)¹¹ sobre la durabilidad de los productos, afirmando en el análisis de los costes y beneficios del uso de productos más duraderos que el producto más duradero suele suponer un coste de ciclo de vida inferior (desde el punto de vista del consumidor) con respecto a la opción estándar (o menos duradera), debido en gran medida a que se evita la compra del aparato de sustitución. En el estudio se realizan 9 combinaciones posibles de precio de compra y energía para diferentes tipos de tasa de descuento. Sólo cuando el precio de compra es bajo y la electricidad no es barata, la opción estándar resulta más barata e, incluso entonces, los márgenes son pequeños (y nunca superiores al 6 %).

El estudio publicado por la Agencia de transición ecológica francesa (ADEME), a través de la evaluación de equipos y bienes de consumo cotidianos⁴², ha demostrado en la gran mayoría de los casos el beneficio económico que supone la prolongación de la vida útil de los productos. Afirma que siempre es económicamente ventajoso para el consumidor no sustituir los equipos por razones de obsolescencia percibida y el ahorro para el consumidor cuando decide prolongar la vida útil de un frigorífico es de unos 30-36 €/ año para el caso estudiado.

Conclusiones evaluación de criterios

En la última parte del informe, se ha realizado una identificación de los aspectos de diseño que más impacto tendrían en la durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad del producto, así como una evaluación de criterios específicos que influyen en la durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad de los frigoríficos, sirviendo como propuesta de una primera aproximación para definir una clasificación para este tipo de aparatos.

Para cada uno de los aspectos, se ha propuesto una valoración del impacto como alto, medio o bajo, diferenciando también si se trataban de aspectos relacionados con el equipo, los componentes o con 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 información bibliográfica, al informe de obsolescencia de lavadoras elaborado por este equipo en colaboración con el IHOBE y al conocimiento de los/las autores/as, pero se debe considerar como un estudio preliminar de análisis de la viabilidad del método. En caso de que se considere necesario

su desarrollo, se debería contar con datos reales de los equipos disponibles en el mercado, y hacer participar en su desarrollo a los diferentes actores implicados (p.ej. fabricantes, reparadores, distribuidores, consumidores, etc.).

11. Glosario de términos y acrónimos

- **ABS:** acrilonitrilo butadieno estireno.
- **ACV:** Análisis de ciclo de vida.
- **ACCV:** Análisis de coste de ciclo de vida.
- **ADEME:** Agencia de la transición ecológica francesa
- **AEE:** Aparato Eléctrico y Electrónico. Todos los aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos, y que están destinados a utilizarse con una tensión nominal no superior a 1.000 voltios en corriente alterna y 1.500 voltios en corriente continua.
- **BOM:** *Bill of Materials* (Listado de materiales).
- **Ciclo de vida:** etapas consecutivas e interrelacionadas de un producto, desde el uso de su materia prima hasta su eliminación final;
- **DDI:** Pasos de desmontaje.
- **GEI:** gases de efecto invernadero.
- **EN:** Norma Europea.
- **HOP:** Halte à l'Obsolescence Programmée.
- **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.
- **ISO:** International Organization for Standardization.
- **JRC:** Join Research Center.
- **MEErP:** *Methodology for ecodesign of energy-related products.*
- **Mtep:** millones de toneladas equivalentes de petróleo.
- **OCU:** Organización de Consumidores y usuarios.
- **PE:** polietileno.
- **PP:** polipropileno.
- **PS:** poliestireno.
- **PROMPT:** *PRemature Obsolescence Multi-Stakeholder Product Testing Programme.*
- **PUR:** poliuretano
- **PVC:** policloruro de vinilo.
- **RD:** Real Decreto.
- **RAEE:** Residuo de Aparato Eléctrico y Electrónico.
- **Reciclado**¹¹⁶: el reprocesado de los residuos, dentro de un proceso de producción, para su finalidad inicial o para otros fines, a excepción de la valorización energética.

- **Reutilización¹¹⁶**: toda operación que permite destinar un producto o sus componentes, tras haber alcanzado el final de su primera utilización, al mismo uso para el que fueron concebidos, incluido el uso continuado de un producto devuelto a un punto de recogida, distribuidor, empresa de reciclado o fabricante, así como la reutilización de un producto tras su reacondicionamiento.
- **RII-AEE**: Registro integrado industrial de aparatos eléctricos y electrónicos. Sección especial del registro de industrial, dependiente del MINCOTUR.
- **UNE**: Asociación Española de Normalización.
- **Unidad funcional**: rendimiento cuantificado de un sistema de producto para su uso como unidad de referencia.
- **UNU-Key**: categorías de AEE desarrollados por *United Nations University* (UNU).
- **Valorización energética¹¹⁶**: el uso de residuos combustibles para generar energía a través de su incineración directa con o sin otros residuos, pero con recuperación de calor.
- **VAN**: Valor Actual Neto.
- **Vida técnica o útil** (*lifespan*): duración estimada que un objeto puede tener, cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido creado.
- **Vida real** (*lifetime*): es la duración de un determinado objeto en las condiciones reales de uso por parte del usuario. Normalmente, suele ser menor que la vida técnica o útil para la que fue diseñado.

¹¹⁶ Según Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009, por la que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2009-82047>.

11. ANEXOS

ANEXO 1: Índice de contenido BOM+ACV+ACCV_frigoríficos

Categoría	Hoja	Tipo	Contenido
BOM	Información_BOM	Hoja de consulta de información	Recopilación de los listados de materiales (BOM) de las diferentes fuentes de información consultadas.
BOM	Comparativas_BOM	Hoja de trabajo	Se comparan los BOM de diferentes fuentes en relación con el BOM del Caso Base definido en la hoja 4
BOM	BOM_TRAB	Hoja de trabajo (oculta)	Hoja de trabajo para definir el BOM del Caso Base definitivo
ACV	Fin_vida	Hoja de trabajo (oculta)	Hoja de recopilación de fuentes de información y estimaciones y de trabajo para definir el escenario de fin de vida del caso Base y Caso Mejorado
CCV	Información para CCV	Hoja de consulta de información y trabajo	Recopilación de información para definir los costes necesarios para elaborar el CCV del Caso Base y Mejorado.
CASO BASE:			
BOM	BOM_CB	Hoja de resultados	BOM de materiales para el caso Base
ACV	CB_Diagrama de proceso ACV	Hoja de consulta	Diagrama que expone todo el ciclo de vida del producto base
ACV_Simapro	Impacto_CB_fabricación	Hoja resultados Simapro	Resultados del impacto generado en la fabricación del Caso Base
ACV_Simapro	ACV_CB	Hoja resultados Simapro	Resultados del impacto generado durante el ciclo de vida del Caso Base
CCV	CCV_CB	Hoja de resultados	Resultado del Análisis del Coste de Vida del frigorífico Caso Base
CASO MEJORADO:			
BOM	BOM_CM	Hoja de resultados	BOM de materiales para el Caso Mejorado
ACV	CM_Diagrama de proceso ACV	Hoja de consulta	Diagrama que expone todo el ciclo de vida del producto mejorado
ACV_Simapro	Impacto_CM_fabricación	Hoja resultados Simapro	Resultados del impacto generado en la fabricación del Caso Mejorado
ACV_Simapro	ACV_CM	Hoja resultados Simapro	Resultados del impacto generado durante el ciclo de vida del Caso Mejorado
CCV	CCV_CM	Hoja de resultados	Resultado del Análisis del Coste de Vida del frigorífico Caso Mejorado
COMPARATIVA CASO BASE vs. CASO MEJORADO:			
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	ACV_1,3CB	Hoja resultados intermedios	Resultados del impacto generado durante el ciclo de vida de 1,3 productos del Caso Base
ACV	Comparativa ACV_CB&CM	Hoja resultados Simapro	Resultados de la comparativa de impactos de ACV para una misma unidad funcional: entre el ACV de 1,3 productos de caso base y ACV del producto de caso mejorado.
CCV	Comparativa CCV_CB&CM	Hoja resultados Simapro	Resultados de la comparativa del Análisis de costes del ciclo de vida para una misma unidad funcional: entre el ACV de 1,3 productos de caso base y ACV del producto de caso mejorado.

ANEXO 2: Comparativa de información

Tabla A. 1. Análisis comparativo de BOM de materiales extraído de las diferentes fuentes de información utilizadas. Fuente: elaboración propia,

	IHOBE (basado en Lot 13 de 2007) Peso (g) y %	Ihobe Daewo (2010) Peso (g) y %	Ihobe Innova Fagor (2010) Peso (g) y %	Lot 13 Categoría 7 2005 Peso (g) y %	Categoría 7 corregida (2014 informe 2016) Peso (g) y %	Frigorífico en Chi-na 2015 Peso (g) y %	Promedios Peso (g) y %
Metales ferrosos	37.035 56,4 %	27.460 45,3 %	25.180 38,0 %	30.738 49,6 %	34.094 48,7 %	32.093 52,6 %	31.100 48,5 %
Metales no ferrosos	2.483 3,8 %	2.950 4,9 %	3.390 5,1 %	3.408 5,5 %	3.657 5,2 %	3.497 5,7 %	3.231 5,0 %
Plásticos	19.315 29,4 %	26.260 43,4 %	28.370 42,9 %	19.958 32,2 %	23.657 33,8 %	24.386 40,0 %	23.658 36,9 %
Electrónica	580 0,9 %		160 0,2 %	574 0,9 %	695 1,0 %		502 0,8 %
Vidrio	6.220 9,5 %	3.900 6,4 %	8.280 12,5 %	6.219 10,0 %	6.966 10,0 %		6.317 9,7 %
Aceite lubricante				190 0,3 %	209 0,3 %		200 0,3 %
Varios		20 0,0 %	810 1,2 %	943 1,5 %	674 1,0 %		612 0,9 %
Peso total (en g) sin embalaje	65.633 100,0 %	60.570 100,0 %	66.190 100,0 %	62.030 100,0 %	69.952	61.000 100,0 %	64.229
Embalaje	4100			4.214	4.644		4.319
Total con embalaje	69.733			66.244	74.596	61.000	67.893

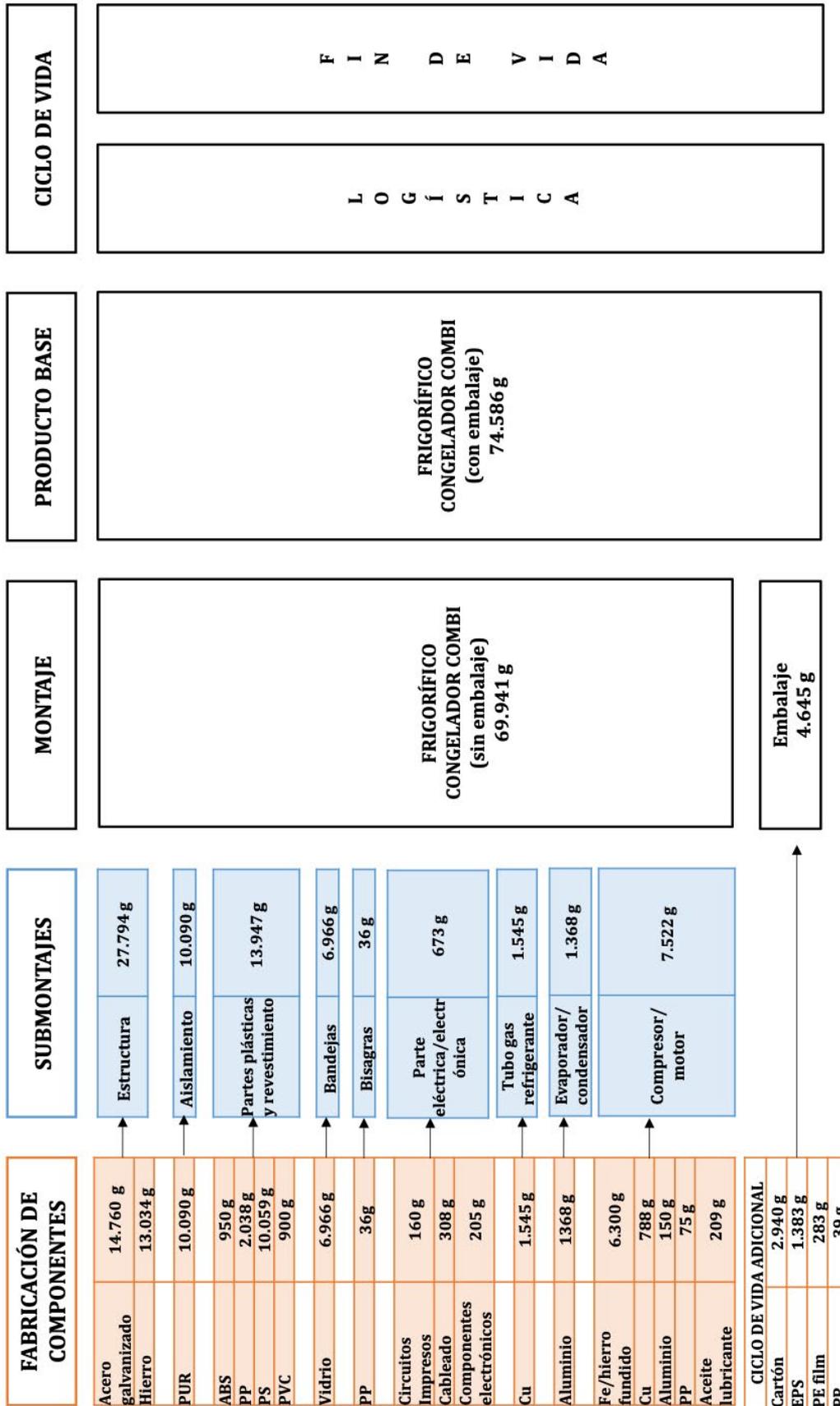
Tabla A. 2. Relación del BOM definido en el caso base respecto al promedio de resto de fuentes de referencia consultada. Fuente: elaboración propia.

	CASO BASE Peso (g) y %	Promedios Peso (g) y %	Relación caso base respecto al promedio Peso (g) y %
Metales ferrosos	34.094 48,7 %	31.100 48,4 %	2.994,06 0,3 %
Metales no ferrosos	3.851 5,5 %	3.231 5,0 %	620,11 0,5 %
Plásticos	24.148 34,5 %	23.658 36,8 %	490,42 -2,3 %
electrónica	673 1,0 %	502 0,8 %	170,75 0,2 %
Vidrio	6.966 10,0 %	6.317 9,8 %	649,00 0,1 %
Aceite lubricante	209 0,3 %	200 0,3 %	9,50 0,0 %
Varios		612 1,0 %	-611,75 -1,0 %
Peso total (en g) sin embalaje	69.941	64.229	5.711,83
Embalaje	4.645 6,2 %	4.319 6,4 %	325,67 -0,1 %
Total con embalaje	74.586	67.893	6.692,75

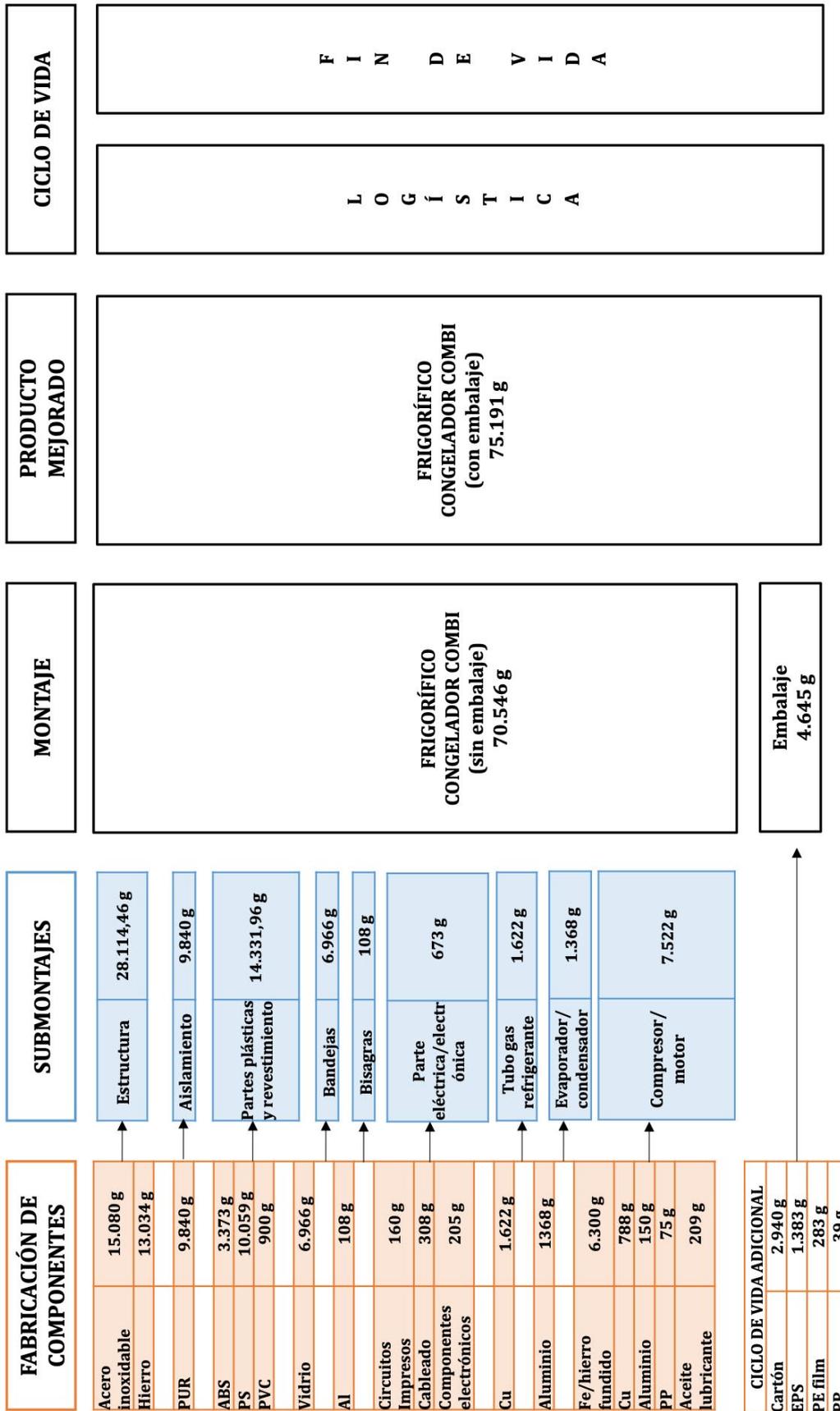
Tabla A. 3. Relación del BOM definido en el caso base respecto a la principal fuente de referencia. Fuente: elaboración propia.

	CASO BASE		Categoría 7 corregida (2014 informe 2016)		Relación caso base respecto al Lot 13 (2016)	
	Peso (g) y %		Peso (g) y %		Peso (g) y %	
Metales ferrosos	34.094	48,7 %	48,7 %	0,00	0,0 %	48,7 %
Metales no ferrosos	3.851	5,5 %	5,2 %	194,00	0,3 %	5,5 %
Plásticos	24.148	34,5 %	33,8 %	491,00	0,7 %	34,5 %
Electrónica	673	1,0 %	1,0 %	-22,00	0,0 %	1,0 %
Vidrio	6.966	10,0 %	10,0 %	0,00	0,0 %	10,0 %
Aceite lubricante	209	0,3 %	0,3 %	0,00	0,0 %	0,3 %
Varios			0,5 %	-367,00	-0,5 %	
Peso total (en g) sin embalaje	69.941			-60,00	0,0 %	
Embalaje	4.645	6,2 %		1,00	6,2 %	6,2 %
Total con embalaje	74.586	48,7 %		-59,00		

ANEXO 3: Diagrama de procesos: caso base



ANEXO 4: Diagrama de procesos: caso mejorado





**Economía
Circular**
Tus actos, tu huella.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARÁ LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO