

Metodología de evaluación de aspectos de Economía Circular

Equipos Relacionados con la Energía



© Ihobe S.A., Abril 2023

Edita: Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente
Gobierno Vasco

C/Alameda de Urquijo, 36 6ª Planta
48011 Bilbao

Tel: 944 23 07 43
info@ihobe.eus
www.ihobe.eus
@Ihobe_Eus

Contenido: Este documento ha sido elaborado por Ihobe con la colaboración de 23 de setembre.



Los contenidos de este libro, en la presente edición, se publican bajo la licencia:
Reconocimiento - No comercial - Sin obras derivadas 3.0 Unported de Creative Commons
(más información http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es_ES).

Metodología de evaluación de aspectos de Economía Circular

Equipos Relacionados con la Energía

Índice

1. ECONOMÍA CIRCULAR Y EQUIPOS RELACIONADOS CON LA ENERGÍA	9
Beneficios de la incorporación de aspectos de eficiencia de material en ERPS	14
2. LA GUÍA	17
Objetivos	18
3. PROPUESTA METODOLÓGICA	21
Paso 1. Selección del producto a evaluar	24
Paso 2. Selección del aspecto(s) de eficiencia de material a evaluar	25
Paso 3. Análisis de la norma a aplicar	27
Paso 4. Recopilación de la información necesaria y ensayos	41
Paso 5. Análisis del producto y evaluación	45
Paso 6. Propuestas estrategias de diseño	47
Paso 7. Evaluación de las estrategias	51
Paso 8. Plan de acción y evaluación resultados obtenidos	53
Paso 9. Comunicación de los resultados	60
4. CONCLUSIONES METODOLOGÍA	63
5. APLICACIÓN EN CASO PRÁCTICO	67
Paso 1. Selección del producto a evaluar	70
Listado de materiales del producto (BOM)	71
Escenario de mantenimiento y reparación	72
Escenario de fin de vida	73
Planos de diseño	73
Paso 2. Selección del aspecto(s) de eficiencia de material a evaluar	74
Paso 3. Análisis de la norma a aplicar	75
UNE-EN 45552:2021. Durabilidad	76
UNE-EN 45554:2020. Reparabilidad	76
UNE-EN 45555:2020. Reciclabilidad	77
Paso 4. Recopilación de la información necesaria y ensayos	78
UNE-EN 45552:2021. Durabilidad	78
UNE-EN 45554:2020. Reparabilidad	79
UNE-EN 45555:2020. Reciclabilidad	79
Paso 5. Análisis del producto y evaluación	81
UNE-EN 45552:2021. Durabilidad	81
UNE-EN 45554:2020. Reparabilidad	88
UNE-EN 45555:2020. Reciclabilidad	101
Paso 6. Propuestas estrategias de diseño	109
Paso 7. Evaluación de las estrategias	111
Paso 8. Plan de acción y evaluación resultados obtenidos	114
Análisis de ciclo de vida simplificado	115
Paso 9. Comunicación de los resultados	119
6. CONCLUSIONES CASO PRÁCTICO	123

Lista de tablas

Tabla 1.	Listado de normas desarrolladas bajo el Mandato M/543 de la Comisión Europea	11
Tabla 2.	Descripción de los diferentes aspectos de uso eficiente de materiales	12
Tabla 3.	Pasos de la propuesta metodológica	23
Tabla 4.	Aspectos de eficiencia de material relevantes para diferentes familias de producto	26
Tabla 5.	Estrategias de ecodiseño para mejorar distintos aspectos de eficiencia de material	48-50
Tabla 6.	Tabla de Evaluación de posibles estrategias	51
Tabla 7.	Conceptos de ACV a considerar para evaluar mejoras de eficiencia de material	55
Tabla 8.	Relación conceptos de ACV con aspectos de eficiencia de material	56-59
Tabla 9.	Ejemplo de Matriz de comunicación	61
Tabla 10.	Listado de Materiales del producto base de referencia	71
Tabla 11.	Escenarios de fin de vida del producto	73
Tabla 12.	Ejemplos de condiciones de operación del equipo	82
Tabla 13.	Ejemplos de condiciones de estrés del equipo	83
Tabla 14.	Posibles mecanismos y modos de fallo identificados en el equipo	85
Tabla 15.	Algunos aspectos de diseño que pueden mejorar la durabilidad del equipo	87
Tabla 16.	Algunos aspectos de diseño que pueden afectar la reparabilidad del equipo	100
Tabla 17.	Algunos aspectos de diseño que pueden mejorar la reciclabilidad del equipo	108
Tabla 18.	Tabla de Evaluación de posibles estrategias	112
Tabla 19.	Listado de Materiales del producto mejorado	116
Tabla 20.	Comparativa de impacto entre producto base y mejorado	117-118
Tabla 21.	Ejemplo de Matriz de comunicación	120

Lista de figuras

Figura 1.	Esquema general de la metodología propuesta	22
Figura 2.	Escenario reciclado/valorización	101

Lista de acrónimos

ACV	Análisis de Ciclo de Vida
BOM	Bill of Materials (Listado de materiales)
DDI	Número de etapas de desmontaje
EN	Norma Europea
EPD	Declaración Ambiental de Producto
ERP	Energy Related Product (Producto relacionado con la energía)
ISO	International Organization for Standardization
JRC	Joint Research Center de la Comisión Europea
LCA	Life Cycle Assessment (ACV)
RAEE	Residuo de aparato eléctrico y electrónico
UNE	Asociación Española de Normalización



01

Economía circular y equipos relacionados con la energía



La Directiva Europea de Ecodiseño¹, transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 187/2011, pretende reducir el impacto ambiental asociado a los **productos relacionados con la energía (ErP** en sus siglas en inglés), mediante la publicación de Reglamentos que fijan requisitos de ecodiseño para diferentes familias de productos que se han considerado prioritarias (por ejemplo, lavadoras, transformadores, motores, bombas, ventanas, etc.).

Se entiende por producto relacionado con la energía todo bien que, una vez introducido en el mercado o puesto en servicio, tiene un impacto sobre el consumo de energía durante su utilización.

Cabe citar que el nuevo Plan de Acción para la Economía Circular², publicado por la Comisión Europea en marzo del 2020, indica la propuesta de una iniciativa legislativa sobre una política de productos sostenibles que consistirá en ampliar el alcance de la Directiva de Ecodiseño más allá de los productos relacionados con la energía, para que sea aplicable a la gama más amplia posible de productos y propicie la circularidad.

Se puede consultar más información sobre la Directiva de Ecodiseño y los reglamentos publicados hasta la fecha en la página web del Basque Ecodesign Center dedicada a la misma (<http://www.basqueecodesigncenter.net/>).

Los mencionados requerimientos de ecodiseño son de obligado cumplimiento para poder comercializar los productos en la Unión Europea (al ir asociado al mercado CE) y hasta la fecha estaban focalizados en su mayoría en eficiencia energética. Sin embargo, en el último plan de trabajo publicado por la Comisión Europea³ sobre la Directiva de Ecodiseño (que cubre el periodo 2022-2024) se indica la importancia que diseño ecológico tiene para conseguir los objetivos del Plan de Acción para la economía circular, abordando aspectos de uso eficiente de los recursos como la durabilidad, reparabilidad o la reciclabilidad. Estos aspectos tendrán incluso más peso en el futuro reglamento de requisitos de **diseño ecológico para productos sostenibles**⁴.

En el anterior plan de trabajo se indicaba que la Comisión debía explorar la posibilidad de fijar más requisitos horizontales o aplicables a determinados productos en ámbitos como la **durabilidad** (por ejemplo, la vida útil mínima de los productos o sus componentes esenciales), la **posibilidad de reparación** (por ejemplo, la disponibilidad de piezas de repuesto y manuales de reparación, diseño con fines de reparación), la **posibilidad de ampliación o mejora, el diseño con fines de desmontaje** (por ejemplo, la fácil extracción de determinados componentes), la **información** (por ejemplo, el marcado de partes plásticas), la **facilidad de reutilización y reciclado** (por ejemplo, evitando los plásticos incompatibles), los **gases de efecto invernadero y otras emisiones**, y establecer la base científica para la creación de criterios correspondientes que cumplan los requisitos de la Directiva sobre diseño ecológico.

1 Directiva 2009/125/CE transpuesta por el Real Decreto 187/2011

2 COM(2020) 98 final

3 2022/C 182/01 de mayo 2022

4 COM(2022) 142 final

Para ello, la Comisión debía fijar la **base metodológica** que permita incluir dichos requisitos en futuros reglamentos o en la revisión de los existentes, motivo por el cual adoptó una petición de normalización⁵ a los organismos europeos de normalización (CEN/CENELEC/ETSI) sobre aspectos de **eficiencia de los materiales (Mandate M543)**. El ámbito de esta petición cubre, principalmente, los aspectos siguientes:

- Ampliación de la vida útil del producto.
- Capacidad para reutilizar componentes o reciclar materiales de productos al final de su vida útil.
- Utilización de componentes reutilizados y/o materiales reciclados en productos.

Las normas desarrolladas asociadas a este mandato se indican en la **Tabla 1**.

Cabe mencionar que dichas normas son por naturaleza genéricas, y que han de servir como base para que en un futuro los respectivos Comités Técnicos desarrollen las normas específicas para las diferentes familias de productos relacionados con la energía.

Código	Título
UNE-CLC/TR 45550:2020	Definiciones relacionadas con la eficiencia de materiales.
UNE-EN 45552:2021	Método general para la evaluación de la durabilidad de los productos relacionados con la energía.
UNE-EN 45553:2021	Método general para la evaluación de la capacidad de refabricación de los productos relacionados con la energía.
UNE-EN 45554:2020	Métodos generales para la evaluación de la capacidad de reparación, reutilización y actualización de productos relacionados con la energía.
UNE-EN 45555:2020	Métodos generales para la evaluación de la reciclabilidad y la valorizabilidad de los productos relacionados con la energía.
UNE-EN 45556:2020	Método general para la evaluación de la proporción de componentes reutilizados en los productos relacionados con la energía.
UNE-EN 45557:2021	Método general para la evaluación de la proporción de contenido de material reciclado en los productos relacionados con la energía.
UNE-EN 45558:2019	Método general para la declaración del uso de materias primas críticas en productos relacionados con la energía.
UNE-EN 45559:2019	Métodos para proporcionar información relacionada con aspectos de eficiencia de materiales de productos relacionados con la energía.

Tabla 1.- Listado de normas desarrolladas bajo el Mandato M/543 de la Comisión Europea.

En la **Tabla 2**, se describen los diferentes aspectos asociados al uso eficiente de materiales, cubiertos por dichas normas.

Aspecto	Descripción	Importancia con respecto a la economía circular
Fiabilidad y Durabilidad	Se entiende por fiabilidad la probabilidad de que un producto funcione como se requiere en determinadas condiciones, incluido el mantenimiento, durante un período determinado sin un evento limitante. Se entiende por durabilidad la capacidad del producto de funcionar como es requerido, bajo determinadas condiciones de uso, mantenimiento y reparación, hasta que se alcanza un estado limitante (fallo de alguna función primaria o secundaria).	Dado que la recuperación de materiales o componentes al final de la vida útil no es completa y no compensa el impacto ambiental asociado a la fabricación de los ErPs, el alargamiento de la vida útil (o incremento en la durabilidad) de los productos puede contribuir a la reducción de la cantidad de materias primas empleadas y energía requerida para la fabricación/vertido de los ErPs y por tanto reducir sus impactos ambientales adversos al no requerir la fabricación de productos nuevos de reemplazo. Sin embargo, en el caso de los ErP, y debido al impacto ambiental asociado al consumo energético durante la fase de uso, se debe considerar el posible efecto positivo de substituir el producto por uno nuevo de mayor eficiencia energética.
Refabricación	Se entiende por refabricación o remanufactura el proceso industrial que fabrica un producto a partir de productos o partes usadas, donde al menos se produce un cambio que influye en la seguridad, desempeño original, propósito o tipo de producto. El producto generado por el proceso de refabricación se puede considerar un nuevo producto cuando se pone en el mercado.	La refabricación de productos requiere por lo general menor cantidad de materias primas y energía que la fabricación del producto equivalente completamente nuevo, proporcionando la misma o superior calidad, funcionalidad, seguridad, etc. Por tanto, alarga la permanencia de los materiales dentro de la economía circular, manteniendo su valor, y reduce el impacto ambiental del producto refabricado en comparación con el producto completamente nuevo.
Reparación, reutilización y actualización	Se entiende por reparación el proceso de devolver un producto defectuoso a una condición en la que pueda cumplir con el uso previsto. Se entiende por reutilización el proceso por el cual un producto o sus partes, habiendo alcanzado el final de su primer uso, se utilizan para el mismo propósito para el que fueron concebidos. La reutilización después del segundo uso o posterior también se considera reutilización. Se entiende por actualización el proceso de mejorar la funcionalidad, el rendimiento, la capacidad o la estética de un producto. Una actualización de un producto puede implicar cambios en su software, firmware y / o hardware.	La reparación, reutilización y actualización de los productos reduce su impacto ambiental al alargar la vida útil de los mismos, evitando la necesidad de fabricar uno nuevo y por tanto evitándose el consumo de materias primas, energía y otras entradas y salidas asociadas a su proceso de fabricación y distribución. Los procesos de reparación y actualización requieren que estén disponibles en el mercado piezas de recambio y/o actualizaciones y la información suficiente para realizarlos sin comprometer la funcionalidad del producto.
Reciclabilidad y valorizabilidad	Se entiende por reciclado la operación de valorización de cualquier tipo mediante la cual materiales de desecho se reprocessan en productos, materiales o sustancias ya sea para el propósito original como para otros propósitos, excluyendo la recuperación de energía. Se entiende por valorización la operación de cualquier tipo, cuyo resultado principal es que un residuo cumpla un propósito útil al reemplazar otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función en particular, o un residuo preparado para cumplir esa función, en la planta o en la economía en general.	El reciclado y valorización de materiales y energía puede reducir impactos ambientales durante el ciclo de vida del producto, incluyendo menor extracción de recursos naturales y emisiones asociadas a la producción de materiales primarios o energía. Se debe considerar que el propio proceso de reciclado/valorización tiene asociado un impacto ambiental (p.ej. limpieza, separación, etc.), pero se considera que en general es mucho menor que el proceso de fabricación del material virgen. Para poder evaluar el potencial de reciclabilidad/valorizabilidad del producto, se debe conocer el escenario de fin de vida del mismo y los procesos asociados.

Aspecto	Descripción	Importancia con respecto a la economía circular
Componentes reutilizados	Se entiende por componente aquella parte integrante de un producto que no puede separarse de este sin destruirlo o deteriorar su uso previsto. Por su parte, reutilización sería el proceso por el cual un producto o sus partes, habiendo alcanzado el final de su primer uso, se utilizan para el mismo propósito para el que fueron concebidos.	A mayor número de componentes reutilizados en los productos, menor su impacto ambiental, al no requerirse la fabricación de componentes nuevos, y evitándose por tanto el consumo de materias primas, energía y emisiones asociadas a dichos procesos de fabricación. Se debe considerar que el propio proceso de reutilización tiene asociado un cierto impacto ambiental (p.ej. acondicionamiento de las piezas, etc.), pero se considera que en general es menor que el proceso de fabricación del componente nuevo.
Contenido Material reciclado	Se entiende por material reciclado aquel material pre-consumo o material post-consumo: Material pre-consumo.- material desviado de los residuos generados durante un proceso de fabricación, excluyendo la reutilización de materiales generados en un proceso y reincorporados en el mismo proceso que lo generó. Material post-consumo.- material recuperado de los desechos generados por los hogares o por instalaciones comerciales, industriales e institucionales en su papel de usuarios finales de un producto terminado.	Los materiales primarios (aquellos generados a partir de materia prima virgen) a menudo pueden ser sustituidos por materiales reciclados. Los beneficios ambientales podrían incluir la reducción de la extracción y el consumo de recursos naturales, la reducción de uso de los vertederos, la reducción de las emisiones y el ahorro de energía, así como la incentivación del reciclaje de materiales de desecho al final de su vida útil a través del estímulo de la demanda de materiales reciclados.
Contenido en materias primas críticas o fundamentales	Se entiende por materia prima crítica aquellas materias que, según una metodología de clasificación definida por la Comisión Europea, son económicamente relevantes y tienen un alto riesgo de suministro para la Unión Europea. El Anexo II de la Comunicación COM(2023) 160 final lista las materias primas críticas propuestas en la actualidad, pudiendo haber actualizaciones futuras. De cara al reporte del contenido, se debe diferenciar entre aquellas que estén reguladas (con requisito reglamentario específico) y aquellas que no.	El uso de materias primas críticas reduce la sostenibilidad del producto al ser por lo general materias escasas y no renovables, y con un proceso de obtención limitado dentro de la UE. Por ello es relevante disponer de información en el uso de estas materias en productos relacionados con la energía, de cara a mejorar el intercambio de información, por ejemplo, con los recicladores, y reducir los riesgos asociados a su obtención. Las materias primas críticas se han identificado como un área de prioridad en el Plan de Acción de la Comisión Europea en economía circular.

Tabla 2.- Descripción de los diferentes aspectos de uso eficiente de materiales.

Cabe resaltar que, en ocasiones, no todos los aspectos de eficiencia de material son aplicables a todos los productos relacionados con la energía. Por ejemplo, no en todas las familias de producto tendría sentido plantearse estrategias de refabricación, ya que dependería, entre otros aspectos, del tipo de producto y su mercado, el grado de desarrollo del mismo, su evolución tecnológica, etc.

Asimismo, se debe considerar que pueden existir contrapartidas entre los diferentes aspectos, por ejemplo, para mejorar la durabilidad de un producto puede ser preciso mejorar su estanqueidad, pero esto puede ir en contra de facilitar su posterior desmontaje para la reparación o reciclado.

Beneficios de la incorporación de aspectos de eficiencia de material en ErPs

Los productos relacionados con la energía presentan un significativo consumo de materiales, algunos de ellos incluso se consideran materias primas críticas. La introducción de posibles criterios de diseño ecológico que cubran estos aspectos puede optimizar el consumo de materias, fomentando la disminución, la reutilización o reciclado de las mismas.

Según el mencionado Plan de Trabajo en Ecodiseño, *Existe una necesidad cada vez mayor y una prioridad política de mejorar la eficiencia de los recursos en la UE. El diseño del producto es un aspecto fundamental a este respecto, dado que puede influir de manera significativa en todo el ciclo de vida del producto, por ejemplo, haciendo que un producto sea más duradero, más fácil de reparar, reutilizar o reciclar. La Directiva sobre diseño ecológico ya incluye todos los impactos medioambientales significativos en el ciclo de vida de los productos, pero hasta ahora se ha centrado en mejorar la eficiencia energética. En el futuro, el diseño ecológico deberá contribuir de manera mucho más significativa a la economía circular, por ejemplo, abordando de una manera más sistemática aspectos de la eficiencia de los materiales como la durabilidad y la reciclabilidad.*

Por ejemplo, los residuos de equipos eléctricos y electrónicos (una parte sólo de los Equipos relacionados con la energía), representan aproximadamente 12 millones de toneladas al año en Europa (año 2019)⁶. De ellos, sólo el 40% se recogen y tratan de forma adecuada, perdiéndose los materiales valiosos que contienen el resto del 60%.

De la proporción que se recoge y recicla (40%), se recupera principalmente los metales (ferrícos, aluminio, cobre, etc.), pero no los metales preciosos y materias primas críticas que contienen.

Los **beneficios** para las organizaciones de la incorporación de estrategias de eficiencia de material podrían incluir:

- Nuevos modelos de negocio asociados al fin de vida del producto (refabricación, reutilización, etc.).
- Optimización del consumo de materias primas (uso material reciclado, menor consumo materias primas críticas, etc.) y por tanto reducción de los riesgos asociados a la obtención de dichas materias primas (disponibilidad, fluctuaciones del mercado, etc.).
- Definición de estrategias de mejora e innovación en producto (ecodiseño/eco-innovación).

- Posibilidad de cuantificar las mejoras propuestas de diseño ecológico (por ejemplo, comparativa con producto actual) y de fijar objetivos cuantificables en futuros diseños.
- Alargamiento vida útil producto (reparación, mantenimiento, actualización, durabilidad) y fidelización del cliente (periodo de garantía, etc.).
- Mejora escenario de fin de vida del producto (desmontaje, reciclado, etc.) y reducción costes de gestión de los productos al final de su vida útil, aumentando su eficiencia.

No todos los productos relacionados con la energía presentan el mismo potencial para la incorporación de aspectos de eficiencia de material. Las familias más prometedoras serían en principio aquellas que presenten alguna de las siguientes características:

- productos de larga vida útil
- eficiencia energética optimizada
- con potencial de refabricación, reutilización, reparación u actualización
- con contenido importante de materiales reciclables
- con presencia de componentes con potencial de reutilización (larga duración y valor añadido)
- con contenido de materiales de alto valor (metales preciosos, materias primas críticas, etc.)
- con potencial de uso de material reciclado

En la **Tabla 4** se presentan los aspectos de eficiencia de material más relevantes para diferentes familias de productos.





02 **La guía**

Objetivos

Los objetivos de la presente guía son:

- **Familiarizar** a las organizaciones con las nuevas normas que se han desarrollado bajo el Mandato M/543, relacionados con el uso eficiente de los recursos y la economía circular.
- Ayudar a las empresas a **anticiparse** a la aparición de futuros requerimientos en materia de eficiencia de material, asociados a la Directiva de Ecodiseño.
- Permitir un **diagnóstico** previo del producto en lo referente a aspectos de economía circular y uso eficiente de materiales.
- Fomentar la **implementación de estrategias** de uso eficiente de materiales en las organizaciones que diseñan y fabrican productos relacionados con la energía, facilitando su identificación, cuantificación, definición de objetivos y monitorización.
- Presentar una **propuesta metodológica** que permita llevar a cabo los puntos anteriores de forma pautada.
- Presentar un **Caso práctico** que visualice la aplicación de la metodología propuesta.

Para ello, la presente guía pretende dar respuesta, de una forma práctica, a las siguientes preguntas:

- ¿Qué **aspectos asociados** al uso eficiente de los recursos y a la economía circular cubren las diferentes normas?
- ¿Qué **métodos de cálculo** proponen las diferentes normas para evaluar los diferentes aspectos asociados a la eficiencia de material?
- ¿Qué **alcance** y grado de aplicabilidad tienen dichas normas?
- ¿Qué **pasos** debe seguir la organización para prepararse ante la aplicación de dichas normas y para dar respuesta a futuros requerimientos asociados a la Directiva de Ecodiseño?
- ¿Cómo integrar estas normas en el **proceso de ecodiseño** de la organización (definición de estrategias, cuantificación de las mismas, etc.)?
- ¿Cómo **comunicar** los resultados obtenidos?

Si bien a fecha de hoy todavía no se han definido requisitos de diseño ecológico asociados a éstas normas de eficiencia de material, la presente Guía pretende resaltar el beneficio que puede representar para las organizaciones familiarizarse con las mismas y avanzarse a dichos requisitos, empleando dichas normas como herramientas de autodiagnóstico de los productos y soporte para el desarrollo de estrategias de ecodiseño dentro de la empresa.

Este soporte se basa en el hecho de disponer de normas reconocidas que permiten cuantificar posibles mejoras de diseño en materia de economía circular, que hasta la fecha se evaluaban de forma cualitativa o parcialmente a través de estudios de ACV (por ejemplo, la evaluación de mejoras en la durabilidad del producto, facilidad de reparación, etc.). El esquema general de la metodología propuesta para integrar estrategias de eficiencia de material en la organización se resume en la **Figura 1** y se detalla en la **Tabla 3**.



03

Propuesta metodológica



El esquema general de la metodología propuesta para integrar estrategias de eficiencia de material en la organización se resume en la **Figura 1** y se detalla en la **Tabla 3**.

En los siguientes apartados de este capítulo se describen en detalle cada uno de los pasos propuestos.

Esta propuesta metodológica pretende ser genérica para diferentes tipos de organizaciones, si bien se deberá adaptar a las necesidades y realidad de cada una de ellas.

En especial se debe analizar el encaje de la metodología propuesta con el tipo de producto y aspecto de eficiencia de material que se quiera evaluar y comunicar, así como considerar el nivel de implementación de la mejora ambiental de producto en la organización.

La metodología propuesta puede integrarse en Sistemas de Gestión ya existentes en la organización, asociada a un ciclo de mejora continua.



Figura 1.- Esquema general de la metodología propuesta.

Paso 1	SELECCIÓN DEL PRODUCTO A EVALUAR
	Se selecciona el producto relacionado con la energía a evaluar, considerando el objetivo y el alcance del estudio.
Paso 2	SELECCIÓN DEL ASPECTO A EVALUAR
	Se selecciona el/los aspectos/s de eficiencia de material a evaluar, considerando el tipo de producto, entorno y requerimientos del mercado, etc.
Paso 3	ANÁLISIS DE LA NORMA A APLICAR
	Se identifica y se analiza la Norma asociada al aspecto a evaluar, identificando su alcance, método de cálculo, etc.
Paso 4	RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN NECESARIA Y ENSAYOS
	Se recopila la información necesaria para poder aplicar el método de cálculo propuesto en la norma o se realizan los ensayos solicitados en la misma.
Paso 5	ANÁLISIS DEL PRODUCTO Y EVALUACIÓN
	- Se aplican los métodos de cálculo indicados en la norma al producto seleccionado, considerando la información recogida y evaluándose los resultados obtenidos. - Se recopilan los resultados de la evaluación en el formato de informe indicado por las normas.
Paso 6	PROPUESTAS ESTRATEGIAS DE DISEÑO
	En función de los resultados obtenidos, se proponen actuaciones o estrategias de diseño que permitan mejorar el/los aspecto(s) evaluado(s).
Paso 7	EVALUACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS
	Se priorizan las estrategias identificadas aplicando criterios de viabilidad, tiempo de implementación y potencial de mejora (siguiendo los criterios fijados en la(s) norma(s)).
Paso 8	PLAN DE ACCIÓN Y EVALUACIÓN RESULTADOS
	- Se define un plan de acción para implementar las mejoras/estrategias seleccionadas. - Se evalúa el grado de mejora alcanzado con la aplicación de las acciones, desde un punto de vista de eficiencia de material y desde una perspectiva de ciclo de vida.
Paso 9	COMUNICACIÓN DE LOS RESULTADOS
	Se fija la política de comunicación de los resultados (destinatarios, formato, etc.), tanto de los resultados de eficiencia de material como los resultados de ACV.

Tabla 3.- Pasos de la propuesta metodológica.

Paso 1/ **Selección del producto a evaluar**

El primer paso propuesto es seleccionar el producto que se quiera evaluar. En el caso de productos similares, se podrían agrupar por familias y seleccionar un ejemplo representativo de cada familia. Sin embargo, se debe considerar que el análisis puede requerir información detallada del producto, que puede que sea diferente para los diferentes productos dentro de la familia seleccionada.

Pueden existir diferentes **motivos** que justifiquen la selección de un determinado producto:

- Potencial del producto para incrementar su circularidad (reparabilidad, refabricación, reciclabilidad, potencial uso de material reciclado, durabilidad, etc.).
- Previsión de que el producto esté en un futuro afectado por requerimientos de diseño ecológico en aspectos de eficiencia de material (mencionado en el Plan de Trabajo de la Directiva de Eco-diseño, aspecto cubierto en estudios preparatorios, etc.).
- Producto representativo de la organización (por ejemplo, líder de ventas, mayor número de unidades producidas, mayor coste de producción, mayor complejidad, etc.).
- Producto en fase de rediseño o nuevo diseño (por ejemplo, resultado de actividades de ecodiseño).
- Demanda/Interés por parte de cliente acerca de la sostenibilidad del producto.
- Cambio de estrategia de marketing del producto y/o nuevo mercado.
- Prioridades estratégicas de la organización que afecten al producto (responsabilidad social corporativa, grupos de interés, etc.).

Como **información** de referencia para tomar esta decisión, a parte de los datos de mercado (cuota, clientes, etc.) y datos técnicos del producto (materiales empleados, sustancias peligrosas, etc.), se debe considerar el perfil ambiental del producto en todo su ciclo de vida, y en especial el escenario actual de fin de vida del mismo (operaciones de valorización y descontaminación, etc.) y su potencial de circularidad.

Paso 2/ **Selección del aspecto(s) de eficiencia de material a evaluar**

En función del producto seleccionado, el o los aspectos relevantes de eficiencia de material asociados al mismo pueden ser diferentes, por ejemplo, durabilidad, contenido en material reciclado, etc. Así, por ejemplo, puede ser relevante el aspecto de durabilidad para productos con larga vida útil (por ejemplo motores), o el aspecto de actualización para aquellos productos con rápida evolución tecnológica (por ejemplo equipos TIC).

Es la propia empresa la que decidiría qué aspecto o aspectos relevantes evaluar, si bien la **Tabla 4** indica una primera aproximación sobre los aspectos genéricos más relevantes por familia de producto.

Los **criterios** a emplear para decidir qué aspecto(s) de eficiencia evaluar podrían ser:

- Características del producto (materiales utilizados, requisitos de calidad y seguridad, valor de los componentes, vida útil, etc.).
- Mercado del producto (posicionamiento del producto con respecto a la competencia).
- Requerimientos de cliente o normativos.
- Complejidad de evaluación del aspecto de interés.
- Estrategia de la empresa (posicionamiento en temas de economía circular y ecodiseño).
- Posibilidad de nuevos modelos de negocio (refabricación, etc.).

Familias de productos	Fiabilidad y Durabilidad	Refabricación	Reparación	Reutilización	Actualización	Reciclabilidad	Valorizabilidad	Componentes reutilizados	Material reciclado	Materias primas críticas
Motores y bombas	★★★★	★★	★★★★	★★	★★	★★	★	★★	★	★★
Equipos refrigeración y climatización	★★★★	★★	★★★★	★	★★	★★	★	★★	★	★★
Equipos de combustión (calefacción, etc.)	★★★★	★★	★★★★	★	★★	★★	★	★★	★	★
Equipos de transformación	★★★★	★★	★★	★	★★	★★	★	★	★	★★
Electrodomésticos	★★	★	★★★★	★★	★★	★★	★★	★	★	★★
Iluminación	★★★★	★	★★	★	★	★	★	★	★	★★
Equipos TICs	★★	★	★★★★	★★	★★★★	★	★	★	★	★★★★
Máquina y herramientas	★★★★	★★	★★★★	★★	★★	★★	★	★★	★	★★★★
Aislamientos	★★★★	★	★	★	★	★★	★★	★	★★★★	★
Equipos que consumen agua	★★★★	★	★★	★	★	★★	★★	★	★★	★

Tabla 4.- Aspectos de eficiencia de material relevantes para diferentes familias de producto.

Muy relevante ★★★★★ Relevante ★★ Poco relevante ★

Paso 3/ **Análisis de la norma a aplicar**

Una vez seleccionado el/los aspectos(s) más relevantes para el producto a evaluar, se debe seleccionar la norma que lo cubre del listado de la **Tabla 1** y realizar su análisis.

Este análisis de la norma ha de identificar:

- Método general de evaluación a emplear.
- Información necesaria a recopilar del producto para dicha evaluación.
- Tipos de pruebas o ensayos a realizar.
- Cálculos a realizar.
- Tipo de informes a presentar.

El análisis permitirá familiarizarse con los términos y conceptos empleados en la norma, los métodos de valoración a emplear, etc. Asimismo, ha de permitir identificar el modo más viable para adaptar el método de valoración al producto objetivo, que permita trabajar con el mismo y definir estrategias de mejora.

El objetivo de esta fase es que la organización adquiera el conocimiento necesario para anticiparse a futuros requerimientos de ecodiseño específicos en materia de eficiencia de material para sus productos, basados en dichas normas.

Para facilitar el análisis de las posibles normas a aplicar, se han desarrollado fichas resumen de cada una de ellas, que se presentan a continuación.



Norma	UNE-CLC/TR 45550:2020. Definiciones relacionadas con la eficiencia de materiales
Aspecto de eficiencia de material cubierto	Genérico (Technical Report).
Objetivo	Recopilación de los términos habitualmente empleados en los entregables asociados al mandato M/543, con el propósito de suministrar una definición única de los términos claves empleados.
Alcance	Productos relacionados con la energía.
Procedimiento de evaluación	n/a
Cálculos a realizar	n/a
Métodos de verificación	n/a
Reporte de los resultados	n/a

Norma	TR 45551:2018. Guía sobre cómo usar normas genéricas de eficiencia material cuando se redactan entregables específicos de estandarización de productos relacionados con la energía
Aspecto de eficiencia de material cubierto	Genérico (Technical Report).
Objetivo	Proporcionar una guía sobre cómo utilizar normas genéricas de eficiencia material cuando se redactan entregables de estandarización específicos de producto, tal como requiere el mandato M/543. Se desarrolló un primer borrador, pero no se ha continuado con su desarrollo, no publicándose versiones posteriores.
Alcance	Productos relacionados con la energía.
Procedimiento de evaluación	n/a
Cálculos a realizar	n/a
Métodos de verificación	n/a
Reporte de los resultados	n/a

Norma	UNE-EN 45552:2021. Método general para el análisis de la durabilidad de productos relacionados con la energía
Aspecto de eficiencia de material cubierto	Fiabilidad y Durabilidad.
Objetivo	Definir un marco de referencia que comprenda los parámetros y los métodos para el análisis de la fiabilidad y durabilidad de productos relacionados con la energía (ErP).
Alcance	La norma define un procedimiento que permite la evaluación, cálculo y ensayo de la fiabilidad y durabilidad de un producto ErP y la construcción de un proceso de ensayo para la evaluación de conformidad. La durabilidad se puede expresar en unidades apropiadas para la parte o el producto en cuestión, p.ej. tiempo de calendario, ciclos de operación, distancia recorrida, etc. Por su parte, la fiabilidad se puede expresar como una unidad combinada con una probabilidad. El usuario debe especificar las unidades más apropiadas en cada caso. En el contexto de este documento, la fiabilidad no incluye acciones de reparación, ya que considerarlas puede conducir a una evaluación compleja y no comparable de productos similares.
Procedimiento de evaluación	La evaluación de la fiabilidad y la evaluación de durabilidad son interdependientes, pero se pueden evaluar por separado. El proceso consta de las siguientes etapas principales: Definición del producto mediante: - Análisis funcional. Proceso que resulta en una descripción exhaustiva de las funciones y sus relaciones, que se caracterizan y clasifican sistemáticamente, de acuerdo al apartado A.1.2 de la norma EN 12973:2000, o equivalente. - Condiciones ambientales y de operación normales dadas, como un conjunto de parámetros que reflejan los patrones de uso esperados del producto o grupo de productos. - Información adicional. Se pueden considerar diferentes fuentes de información relacionada con eventos limitantes, etc. La información será representativa en términos de cobertura geográfica, temporal y tecnológica. Análisis de fiabilidad del producto: El análisis de fiabilidad según EN 62308 o equivalente tendrá en cuenta cada función seleccionada en el análisis funcional. El análisis vincula funciones a modos de fallo, ubicaciones de fallo y mecanismos de fallo. El resultado del análisis puede expresarse, por ejemplo, como la probabilidad de fallo o supervivencia o tiempo hasta fallo (TTF), a determinar por el usuario. Le seguirá un análisis de las partes donde ocurren los fallos respectivos, lo que conduce a una lista clasificada de las partes. Los resultados se utilizarán para identificar o desarrollar un método de evaluación de la fiabilidad, considerando las partes prioritarias, basándose en lo posible en normas existentes. Análisis de durabilidad del producto: El método de análisis de durabilidad debe incluir los requisitos según el apartado 9.3 de la norma EN 62308: 2006, o equivalente. Los pasos serían: - identificar las condiciones ambientales y operativas aplicables y elementos de estrés relacionados; - identificar funciones; - identificar la magnitud y la ubicación de los elementos de estrés; - identificar posibles sitios, mecanismos y modos de fallo (de acuerdo a EN 60812 o equivalente); - identificar la durabilidad utilizando los modelos de daño apropiados y factores de aceleración, basándose en lo posible en normas existentes. Cuando se puedan realizar pruebas aceleradas, se aplicará la norma EN 62506. El método de evaluación seleccionado puede ser diferente al evaluar el producto completo o partes específicas; También puede ser diferente según el estrés con el que se evalúa el producto o la pieza. El usuario debe diferenciar cuando la durabilidad solo se enfoca en el envejecimiento, la fatiga y el desgaste debido a las condiciones ambientales y de operación, o cuando la evaluación de la durabilidad también considera acciones de mantenimiento y reparación, hasta la transición desde el estado limitante al escenario de final de vida.
Cálculos/ ensayos a realizar	Análisis funcional de acuerdo con al apartado A.1.2 de la norma EN 12973: 2000, o equivalente. Análisis de fiabilidad según EN 62308 o equivalente. Se realizarán Análisis de los Modos de Fallo y de sus Efectos (AMFE) y Análisis de Modos de Fallo, Efectos y Criticidad (AMFEC) de acuerdo a EN 60812 o equivalente. Análisis de durabilidad, según el apartado 9.4 de la norma EN 62308: 2006, o equivalente. Modelado del estrés y Pruebas aceleradas según EN 62506 o equivalente.

Norma	UNE-EN 45552:2021. Método general para el análisis de la durabilidad de productos relacionados con la energía
Métodos de verificación	Los Comités Técnicos del producto serán los encargados de definir los mejores procedimientos de evaluación de la fiabilidad/durabilidad para cada familia de producto específica.
Reporte de los resultados	Se evaluará la necesidad de informar a las diferentes audiencias objetivo, y los datos se clasificarán dentro de los diferentes niveles de sensibilidad 1, 2 y 3 de acuerdo a EN 45559. La documentación debe tener la siguiente estructura: a. Aspectos generales (promotor del estudio, fecha, lugar, etc.). b. Alcance del estudio (descripción del producto evaluado, descripción de las asunciones aplicadas). c. Datos de entrada y enfoque para las evaluaciones de la fiabilidad y durabilidad. - Lista de funciones primarias, secundarias y terciarias. - Condiciones ambientales y de operación. - Información adicional. d. Resultado de la evaluación de fiabilidad (si corresponde). - Lista de fallos, partes y funciones seleccionadas. - Resultados del análisis de fiabilidad. - Fiabilidad, tasas de fallo e intervalos de confianza según corresponda. - Métodos de evaluación de la fiabilidad aplicables y aplicados y unidad de fiabilidad utilizada en la evaluación. - Lista de referencias aplicables (incluyendo normas, legislación y otros requisitos). e. Resultado de la evaluación de durabilidad (si corresponde). - Lista de fallos, partes y funciones seleccionadas. - Resultados de durabilidad relacionados, p. ej. envejecimiento, fatiga y desgaste en términos de unidades de salida acordadas (tiempo, ciclo, distancia...) sin mantenimiento y reparación. - Resultados de durabilidad de las unidades de salida acordadas (tiempo, ciclo, distancia...) incluyendo el mantenimiento y, cuando se considere aplicable, la reparación. - Métodos de evaluación aplicables y aplicados. - Lista de referencias aplicables (incluyendo normas, legislación y otros requisitos).

Norma	UNE-EN 45553:2021. Método general para evaluar la capacidad para la refabricación de productos relacionados con la energía
Aspecto de eficiencia de material cubierto	Capacidad de refabricación.
Objetivo	Esta norma trata sobre la evaluación de la capacidad para la refabricación de productos relacionados con la energía (ErP) a un nivel general. Se basa en la identificación de siete procesos generales cruciales para el proceso de refabricación y su relación con las propiedades del producto. Asimismo, pretende diferenciar entre “refabricación” y “reacondicionamiento”. Se define la refabricación como el proceso industrial donde al menos se produce un cambio en el ErP, que afecta la seguridad, el desempeño original, el propósito o el tipo de producto. La norma no cubre métodos generales para la evaluación de la capacidad del ErP para el reacondicionamiento.
Alcance	Todos los ErP están dentro del alcance de esta norma si no tienen normas específicas. Los Comités Técnicos deben desarrollar normas específicas para cada familia de producto. Esta norma no cubre el análisis de la capacidad de refabricación de las partes que no se consideren un producto relacionado con la energía. Tampoco pretende definir un sistema de puntuación para cuantificar la capacidad de refabricación de un ErP, sólo un criterio para su valoración.

Norma	UNE-EN 45553:2021. Método general para evaluar la capacidad para la refabricación de productos relacionados con la energía
Procedimiento de evaluación	Los comités técnicos deben evaluar, para cada familia de producto, el orden y la importancia de cada paso del proceso de refabricación y la relación entre cada paso y los atributos del producto. El análisis de la capacidad de refabricación se basa en la capacidad de desarrollar los siete pasos generales del proceso de refabricación siguientes, los cuales pueden repetirse y en diferente orden: 1. Inspección 2. Desensamblado 3. Limpieza 4. Reprocesado 5. Ensamblado 6. Testeo 7. Almacenamiento Cada paso del proceso se relaciona con los atributos del producto analizado, definiendo la Matriz de atributos de refabricación. Esta matriz puede ayudar al equipo de diseño a la hora de identificar qué atributos del producto son relevantes para cada etapa del proceso de refabricación, y enfatizar los mismos o no, en función del tipo de producto considerado. Los atributos de producto considerados son: • Capacidad para ser identificado (respecto a aspectos como el diagnóstico, la inspección, los requerimientos legales, etc.). • Capacidad para localizar puntos de acceso y cierres (indicación de la ubicación, diagramas, etc.). • Accesibilidad de las partes (cuando se requiere una acción física por el operador, por ejemplo limpieza). • Capacidad para el desensamblado/ensamblado (número de operaciones necesarias, número y tipo de herramientas necesarias, número y tipo de uniones, etc.). En el Anexo A.2 de esta norma se indican algunos ejemplos de métodos de evaluación. • Resistencia al desgaste y al daño durante las etapas de refabricación (por ejemplo de los materiales, marcado y de las uniones). Si se considera que el atributo del producto analizado afecta la capacidad de refabricación del producto, se debe definir una lista de criterios propia para evaluar dicho producto. La capacidad de refabricación final del ErP se debe evaluar como la combinación de estas evaluaciones de los atributos. Si uno o más de las etapas del proceso de refabricación no pueden realizarse, se debe considerar que el producto no tiene capacidad de refabricación.
Cálculos a realizar	De acuerdo a la norma, son los comités técnicos específicos quienes deben definir los mejores métodos de evaluación para cada tipo de producto. En todo caso, la norma indica en sus anexos varios métodos a modo de ejemplo: Anexo A.1.- Ejemplo de evaluación cuantitativa de la capacidad de ser accesible. Anexo A.2.- Ejemplo de evaluación cuantitativa de la secuencia de desensamblado y profundidad de desensamblado.
Métodos de verificación	La norma no presenta métodos cuantitativos para evaluar dicha capacidad de refabricación.
Reporte de los resultados	Se debe considerar la audiencia objetivo y la sensibilidad de los datos, de acuerdo la norma EN 45559. El informe de evaluación debe seguir la siguiente estructura para los diferentes elementos: • Aspectos Generales (promotor, fecha, ubicación, etc.). • Alcance de la evaluación (descripción del producto, descripción de las asunciones aplicadas, etc.). • Datos de entrada para la evaluación de la capacidad de refabricación: - o Descripción de los datos seleccionados/empleados/necesarios (etapas del proceso de refabricación, atributos del producto, criterios para evaluar los atributos del producto). - o Cálculos y puntuaciones cuando sean relevantes (métodos de cálculo aplicados). - o Métodos y herramientas empleadas en la evaluación. • Resultados de la evaluación. - o Resultados de la evaluación (aspectos cualitativos y cuantitativos) que se deben reportar a las diferentes audiencias objetivo (resultados de la evaluación, referencias aplicables, etc.).

Norma	UNE-EN 45554:2020. Métodos generales para evaluar la capacidad para la reparación, reutilización y actualización de productos relacionados con la energía
Aspecto de eficiencia de material cubierto	Capacidad para la reparación, reutilización y actualización.
Objetivo	Esta norma proporciona parámetros y métodos relevantes para los productos relacionados con la energía (ErP), para evaluar los aspectos de: 1. Capacidad para la reparación de productos. 2. Capacidad para la reutilización de productos, o sus partes. 3. Capacidad para la actualización. Incluye específicamente parámetros y métodos genéricos para evaluar la capacidad de acceder o extraer ciertas partes, accesorios o consumibles de los productos, que faciliten los aspectos anteriores, focalizándose en el diseño y considerando el conocimiento de las partes que tienen mayor probabilidad de fallo, necesitan recambio o tienen potencial de reciclado.
Alcance	Todos los ErP están dentro del alcance de esta norma si no tienen normas específicas. Es una norma general, y su intención no es ser aplicada directamente a un producto, sino servir de base para el desarrollo de normas específicas para productos o grupos de productos. Por tanto, proporciona unos parámetros y bases para ser seleccionados por los Comités Técnicos que desarrollen esas normas específicas. La cuestión de cuando es razonable la reparación, reutilización y actualización de un producto queda fuera del alcance de la norma, ya que depende de varios factores como por ejemplo de seguridad y salud, económicos, legales o medioambientales.
Procedimiento de evaluación	Esta norma es de naturaleza general y permite al usuario seleccionar métodos y criterios de evaluación según corresponda para diferentes grupos de productos. Las opciones, la lista de criterios y sus clasificaciones proporcionadas en esta norma no son exhaustivas. La pertinencia de cada criterio y la idoneidad de una clasificación para un grupo de productos específico se evaluarán de acuerdo con las características del grupo de productos. Esta norma proporciona: • Un método de evaluación. • Dos métodos adicionales (Índice y Tiempo) presentados como ejemplos en A.1 y A.2, respectivamente. Dado el posible solape entre los tres aspectos analizados (reparación, reutilización y actualización), y para facilitar su presentación, el aspecto de reparación se utiliza como base cuando se presentan métodos y criterios, y las sub-cláusulas separadas abordan aspectos específicos relacionados con la reutilización y actualización.
Cálculos a realizar	A la hora de definir un método de evaluación específico para un producto, se deben emplear los siguientes pasos: 1. Determinación de las partes prioritarias para la evaluación (listado de las partes prioritarias para la reparación, reutilización o actualización, por orden de preferencia). Lo que determina una parte prioritaria es: • La probabilidad de la necesidad de reemplazar o actualizar la pieza, • La idoneidad de la pieza para su reutilización, y • La funcionalidad de la pieza. La norma indica criterios a tener en cuenta para cada aspecto analizado (reparación, reutilización y actualización). 2. Identificación de los criterios y categorías aplicables que sean relevantes para la evaluación de cada parte prioritaria. Los criterios pueden estar relacionados con el producto (por ejemplo, profundidad para el desensamblado, tipo de uniones y conectores, ambiente de trabajo y nivel de capacitación) o el servicio (información/medios aportados por el fabricante, por ejemplo manuales, partes de repuesto, circuitos de recogida, etc.). 3. Asignación de una puntuación de clasificación/priorización para cada categoría aplicable de criterios relevantes para cada parte prioritaria (la norma indica diferentes métodos para ello).

Norma	UNE-EN 45554:2020. Métodos generales para evaluar la capacidad para la reparación, reutilización y actualización de productos relacionados con la energía
Cálculos a realizar	Adicionalmente, de forma opcional, se puede especificar un método de agregación de los resultados del paso previo, teniendo en cuenta cada criterio para cada parte prioritaria. En el Anexo A se indican: • A.2. Índice para la capacidad de un producto para ser desmontado; • A.3. Métodos para la evaluación del tiempo de desmontado (eDiM - ease of Disassembly Metric- y MOST- Maynard Operation Sequence Technique-); • A.4. Ejemplo de sistema de puntuación para los siguientes aspectos: profundidad de desmontaje, uniones y conectores, herramientas, ambiente de trabajo, nivel de capacitación, soporte al diagnóstico e interfaces, disponibilidad partes de repuesto, tipo y disponibilidad de información, opciones de retorno, gestión de datos, contraseña y restablecimiento de fábrica para reutilizar y agregación de la puntuación de criterios.
Métodos de verificación	El usuario de este documento debe proporcionar un método para verificar el resultado de la evaluación. Los criterios de evaluación serán confiables, precisos y reproducibles.
Reporte de los resultados	Se evaluará la necesidad de informar a las diferentes audiencias objetivo, y los datos se clasificarán dentro de los diferentes niveles de sensibilidad 1, 2 y 3 definidos en la norma EN 45559. Dependiendo de la audiencia objetivo-específica a la que distribuir la información, se definirá un enfoque de comunicación adecuado de acuerdo con dicha norma. Se debe tener especial cuidado en demostrar la correlación entre la información sobre los resultados de la evaluación y los datos de entrada y los supuestos utilizados. El informe de evaluación debe seguir la siguiente estructura: • Aspectos Generales (promotor/responsable, fecha del informe, ubicación, etc.). • Alcance de la evaluación (descripción del producto, descripción de los supuestos aplicados). • Datos de entrada y enfoque para la evaluación de la capacidad del producto para ser reparado, reutilizado, actualizado, incluyendo: - o descripción de los datos y otra información empleada en la evaluación, como instrucciones de reparación, información de los centros de reparación, instrucciones de desmontaje, información sobre la transferencia y borrado de datos personales, información sobre el potencial de actualización, instrucciones de actualización y disponibilidad de partes de repuesto; - o cálculos o puntuaciones cuando sea relevante; - o métodos o herramientas empleadas en la evaluación. • Resultados de la evaluación (lista de resultados cualitativos y cuantitativos que deben ser reportados a las partes interesadas, por ejemplo, los resultados para cada criterio definido y cálculo y resultado final de puntuaciones agregadas (si se ha realizado). • Listado de referencias aplicadas (incluyendo normas, legislación u otros requisitos).

Norma	UNE-EN 45555:2020. Métodos generales para evaluar la reciclabilidad y valorizabilidad de productos relacionados con la energía
Aspecto de eficiencia de material cubierto	Reciclabilidad y valorizabilidad.
Objetivo	Esta norma proporciona una metodología general para: 1. Evaluar la reciclabilidad de productos relacionados con la energía. 2. Evaluar la valorizabilidad de productos relacionados con la energía. 3. Evaluar la capacidad de acceso o retirada de ciertos componentes, módulos, materiales o sustancias de los productos para facilitar su extracción al final de vida para una mayor facilidad en las operaciones de tratamiento, reciclado y recuperación. 4. Evaluar la reciclabilidad de materias primas críticas de los productos relacionados con la energía. El documento define métodos y parámetros generales que son aplicables para el desarrollo de normas específicas de producto. No se aconseja su uso directo para la evaluación de un producto específico ni para publicar información sobre el producto o la comparativa de varios productos, sin estar basados en normas específicas.

Norma	UNE-EN 45555:2020. Métodos generales para evaluar la reciclabilidad y valorizabilidad de productos relacionados con la energía
Alcance	Todos los ErP están dentro del alcance de esta norma si no tienen normas específicas. Es una norma general, y su intención no es ser aplicada directamente a un producto, sino servir de base para el desarrollo de normas específicas para productos o grupos de productos. Por tanto, proporciona unos parámetros y bases para ser seleccionados por los Comités Técnicos que desarrollen esas normas específicas.
Procedimiento de evaluación	Para la evaluación de la reciclabilidad y valorizabilidad de un ErP se debe asumir que todo el producto se somete al escenario de fin de vida definido (no tiene lugar una preparación para el reuso). La comparación de la tasa de reciclabilidad y valorizabilidad de diferentes productos se debe realizar sobre el mismo escenario de fin de vida. La reciclabilidad y valorizabilidad de un producto es combinación de las características de diseño del producto (por ejemplo, estructura, composición de material, tamaño, peso o capacidad de las partes y/o material a ser separados en corrientes identificables que puedan ser recicladas o valorizadas) y las técnicas, combinación o secuencia de técnicas empleadas para el reciclado o valorización de una corriente de residuo dada. Se deben considerar los siguientes aspectos a la hora de definir el escenario de tratamiento de fin de vida: legislación aplicable; normas, estándares y prácticas industriales relevantes que permitan un reciclado y valorización eficiente; aspectos de seguridad, salud y medioambientales; la estructura y el contenido de material específico del producto en estudio. Basándose en las limitaciones técnicas y los requerimientos legales del tratamiento especificado, se deben definir criterios de producto para evaluar la compatibilidad del producto con dicho tratamiento. Este escenario de tratamiento de fin de vida puede incluir operaciones de extracción de partes para tratamiento selectivo, valorización de material, valorización energética y vertido. Se debe definir y describir el destino final para reciclado o valorización.
Cálculos a realizar	Para la evaluación del producto o grupo de productos se deben seguir los siguientes pasos: 1. Definición y descripción del escenario de tratamiento de final de vida del producto o grupo de productos analizados, con identificación de los diferentes pasos y la eficiencia de cada etapa del tratamiento (diagrama de flujo, etapas en orden secuencial, salidas en cada etapa y su destino, eficiencia de la valorización, pérdidas de material, etc.). 2. Describir y evaluar las características de diseño del producto o grupo de productos, por ejemplo, a través de un listado de control, que puedan tener un efecto adverso en la capacidad del producto a ser reciclado/valorizado. Estos criterios pueden incluir: identificación de las partes a ser extraídas durante la descontaminación previa al tratamiento; capacidad de acceso y retirada de las partes que requieren tratamiento específico; capacidad para liberar uniones para separar materiales; compatibilidad de materiales no separables; acceso y retirada partes que contienen materias críticas (distribución y concentración, etc.) y partes plásticas con retardantes de llama. 3. Aplicación de reglas específicas para la determinación de factores de reciclabilidad/valorizabilidad de una parte/material del producto o grupo de productos, empleando la información de las etapas anteriores (por ejemplo, cuando el tipo de unión no permita la separación de materiales, la tasa para ese material o parte debe ser cero). 4. Seleccionar una evaluación simplificada o detallada basándose en la disponibilidad de información sobre las eficiencias de los tratamientos. El factor global se calcularía agregando las eficiencias de los tratamientos para una parte/material (porcentaje de masa sobre el global). Por ejemplo, en el caso de evaluación simplificada, los factores de reciclabilidad del material/parte será 0 ó 1. En el caso de evaluación detallada, tendría un valor entre 0 y 1, considerando los rendimientos de los procesos de tratamiento. 5. Cálculo de la tasa de reciclabilidad y valorizabilidad empleando las fórmulas indicadas en la norma (en porcentaje en masa). Para ello es preciso calcular los factores de reciclabilidad/valorizabilidad de todas las partes/materiales del producto (definición de varias reglas de evaluación) de acuerdo al método seleccionado en la etapa anterior.
Métodos de verificación	La norma indica algunos criterios de representatividad que deben ser evaluados y descritos a la hora de definir el escenario de tratamiento de final de vida, ya que este puede depender de la tecnología usada, la cual puede depender de la ubicación, etc. • Representatividad asociada al producto. • Representatividad tecnológica. • Representatividad temporal. • Representatividad geográfica. Asimismo, incluye indicaciones sobre la obtención de los datos necesarios para definir dicho escenario (posibles fuentes, etc.).

Norma	UNE-EN 45555:2020. Métodos generales para evaluar la reciclabilidad y valorizabilidad de productos relacionados con la energía
Reporte de los resultados	Se evaluará la necesidad de informar a las diferentes audiencias objetivo, y los datos se clasificarán dentro de los diferentes niveles de sensibilidad 1, 2 y 3 de acuerdo a EN 45559. El informe de evaluación debe seguir la siguiente estructura: • Aspectos Generales (empresa promotora/responsable, fecha del informe, ubicación, etc.). • Alcance de la evaluación (descripción del producto, descripción de los supuestos aplicados). • Datos de entrada y enfoque para la evaluación de la reciclabilidad y valorizabilidad (descripción de los datos y otra información empleada en la evaluación, cálculos y puntuaciones empleadas en la evaluación; métodos y herramientas empleadas en la evaluación, justificando el empleo de una evaluación detallada o simplificada o combinación de ambas). • Resultados de la evaluación (lista de resultados cualitativos y cuantitativos que deben ser reportados a las partes interesadas) y listado de referencias aplicadas (incluyendo normas, legislación u otros requisitos). El informe de evaluación debe incluir cualquier documentación o referencia a la documentación empleada en la evaluación. Si se han empleado datos generales para la evaluación, se deben referenciar y justificar su uso.

Norma	UNE-EN 45556:2020. Método general para la evaluación de la proporción de componentes reutilizados en productos relacionados con la energía
Aspecto de eficiencia de material cubierto	Proporción de componentes reutilizados.
Objetivo	Esta norma proporciona una metodología general para evaluar la proporción de componentes reutilizados en productos relacionados con la energía. Se presentan cuatro métodos de cálculo basados en la masa de los componentes reutilizados y en el número de componentes reutilizados presentes. En el momento de la redacción de normas específicas de productos, los Comités Técnicos decidirán cuál de los métodos es el más adecuado.
Alcance	Todos los ErP están dentro del alcance de esta norma si no tienen normas específicas. Es una norma general, y su intención no es ser aplicada directamente a un producto, sino servir de base para el desarrollo de normas específicas para productos o grupos de productos. Por tanto, proporciona unos parámetros y bases para ser seleccionados por los Comités Técnicos que desarrollen esas normas específicas. Aspectos como desempeño, validación, verificación e idoneidad de los componentes reutilizados quedan fuera del alcance de esta norma.
Procedimiento de evaluación	El usuario del documento debe aplicar como mínimo una de las fórmulas de cálculo descritas en la norma, que se fundamentan a nivel producto (evaluación de cada producto en sí mismo) o en balance de materia o balance de número sobre un periodo de tiempo (que se debe especificar y no superar un año).
Cálculos a realizar	Los cálculos pueden ser: 1. Proporción de componentes reutilizados por masa, en producto (masa de los componentes reutilizados sobre la masa total del producto). 2. Proporción de componentes reutilizados en número, en producto (número de componentes reutilizados sobre el número total de componentes del producto). 3. Proporción de componentes reutilizados por balance de masa (masa total de los componentes reutilizados en un periodo de tiempo sobre la masa total de los productos en ese periodo - unidades fabricadas por la masa de cada unidad). 4. Proporción de componentes reutilizados por balance numérico (número total de componentes reutilizados en un periodo de tiempo sobre el número total de componentes en ese periodo - unidades fabricadas por número de componentes en cada unidad).

Norma	UNE-EN 45556:2020. Método general para la evaluación de la proporción de componentes reutilizados en productos relacionados con la energía
Métodos de verificación	Dado que no existen métodos para la medida directa de la proporción de componentes reutilizados en un producto, sólo se puede determinar de forma indirecta. Por tanto, la verificación será mediante prueba documental, aportada por el fabricante, suministrador y/o distribuidor autorizado. Esta documentación debe incluir aspectos de trazabilidad, incluyendo identificación de los componentes reutilizados. La obligación de recogida de información se centra en los componentes reutilizados (no todos los componentes).
Reporte de los resultados	Se evaluará la necesidad de informar a las diferentes audiencias objetivo, y los datos se clasificarán dentro de los diferentes niveles de sensibilidad 1, 2 y 3 de acuerdo a EN 45559. El informe de evaluación debe seguir la siguiente estructura: • Aspectos Generales (promotor/responsable, fecha del informe, ubicación, etc.). • Alcance de la evaluación (descripción del producto y descripción de los supuestos aplicados, por ejemplo, número de productos evaluados). • Datos de entrada y enfoque para la evaluación de la proporción de componentes reutilizados, incluyendo descripción de los datos y otra información empleada en la evaluación (por ejemplo, masa de los componentes usados, masa total del producto, número de componentes usados en el periodo, número de unidades en ese periodo, masa por unidad, etc.), cálculos y periodo contable; métodos empleados en la evaluación (de los cuatro presentados). • Resultados de la evaluación incluyendo lista de resultados cualitativos y cuantitativos que deben ser reportados a las partes interesadas (p.ej. proporción de componentes reutilizados por masa de producto, etc.) y listado de referencias aplicadas (incluyendo normas, legislación u otros requisitos).

Norma	UNE-EN 45557:2021. Método general para la evaluación de la proporción de contenido de material reciclado en los productos relacionados con la energía
Aspecto de eficiencia de material cubierto	Contenido en material reciclado.
Objetivo	Esta norma tiene como objetivo facilitar el proporcionar afirmaciones justificadas del contenido de material reciclado de productos relacionados con la energía. La clave para ello es el reconocimiento de la cadena de custodia, que permite la trazabilidad de materiales secundarios de diferentes fuentes.
Alcance	Todos los ErP están dentro del alcance de esta norma si no tienen normas específicas. Es una norma general, y su intención no es ser aplicada directamente a un producto, sino servir de base para el desarrollo de normas específicas para productos o grupos de productos. No pretende generar información disponible públicamente sobre el producto ni comparar productos basándose en esta norma en ausencia de otra específica de producto. Tampoco cubre aspectos como calidad y propiedades físicas de materiales reciclados. La norma no aplica a la evaluación de componentes reutilizados.
Procedimiento de evaluación	La evaluación del contenido en material reciclado requiere de: 1. Descripción del alcance de la evaluación (producto o parte del mismo; todos los materiales, un tipo o un material). 2. Descripción de la composición de materiales de un producto único (declaración de material, considerando de forma unificada los diferentes grados del mismo material e incluyendo las partes excluidas de la evaluación dentro de la categoría de “otros” para cuadrar el balance de materia). La norma diferencia claramente entre material pre-consumo y post-consumo. 3. Un sistema de gestión para rastrear el tipo de materiales de entrada, tanto materiales primarios como secundarios. Se debe documentar para el material reciclado el tipo (pre-consumo/post consumo) y su calidad. El nivel de detalle dependerá del tipo de material y será definido por el usuario. 4. Realizar un cálculo de balance de materia, relacionando el contenido de material reciclado de una parte/producto con la cantidad total de materiales en una parte/producto producida, en un determinado periodo de tiempo.

Norma	UNE-EN 45557:2021. Método general para la evaluación de la proporción de contenido de material reciclado en los productos relacionados con la energía
Cálculos a realizar	Los cálculos a realizar por tanto serían: 1. Balance de materia de entradas/salidas para la verificación de los datos, en un determinado tiempo. 2. Cálculo del contenido en materiales pre-consumo, como el porcentaje del contenido en material reciclado de cada material o parte, con respecto a la masa total del material o parte. 3. De forma similar, cálculo del contenido en materiales post-consumo. 4. Si se considera necesario es posible calcular el porcentaje total, como suma de ambos. Este contenido en material reciclado se calcula sobre un determinado periodo de tiempo. Por lo tanto, es un valor medio sobre los productos manufacturados en ese período y no una característica específica de un producto concreto. El período contable elegido reflejará los datos disponibles más recientes y será representativo del volumen de producción. Los materiales utilizados en una producción en masa se asignarán para ese período.
Métodos de verificación	El material primario y secundario por lo general son indistinguibles y no existen en la actualidad métodos que permitan la medición directa del contenido de material reciclado en un producto. Por tanto, para el propósito de esta norma, la verificación del contenido en reciclado recae en pruebas documentales aportadas por el operador relevante en la cadena de custodia. La verificación del balance de materia para las partes o el ErP consiste en el balance de masa de la producción de salida, sobre un cierto periodo de tiempo, con el material de entrada, corregido por los cambios en el stock de material, las conversiones durante los procesos y los residuos generados. No hay obligación de recopilar toda la información sobre todos los materiales, solo sobre el material pre-consumo y post-consumo de entrada verificable y documentado por cadena de custodia. Cuando falta información sobre un material de entrada, se asumirá como material primario.
Reporte de los resultados	Se evaluará la necesidad de informar a las diferentes audiencias objetivo, y los datos se clasificarán dentro de los diferentes niveles de sensibilidad 1, 2 y 3 de acuerdo a EN 45559. En caso de reportarse el contenido total de material reciclado, se debe reportar conjuntamente con los valores parciales de contenido en material reciclado pre y post consumo. El informe de evaluación debe seguir la siguiente estructura: • Aspectos Generales (promotor/responsable, fecha del informe, ubicación, listado de normas aplicadas para la evaluación, etc.). • Alcance de la evaluación (descripción del producto, parte o material evaluado y descripción de las agrupaciones consideradas). • Datos de entrada y enfoque para la evaluación del contenido en material reciclado (información sobre los materiales reciclados utilizados, periodo contable, y métodos de cálculo). • Resultados de la evaluación (resultados cuantitativos del contenido en materiales reciclados que pueden ser reportados a las partes interesadas) y listado de referencias aplicadas (incluyendo normas, legislación u otros requisitos).

Norma	UNE-EN 45558:2019. Método general para declarar el uso de materias primas críticas en productos relacionados con la energía
Aspecto de eficiencia de material cubierto	Uso de materias primas críticas (CRMs).
Objetivo	El objetivo de esta norma es proporcionar una metodología general para la declaración de uso de CRMs en productos relacionados con la energía, en apoyo a la implementación de medidas específicas de producto de la Directiva de Ecodiseño y para soportar la implementación de la Iniciativa de Materias Primas de la Unión Europea. Esta norma está basada en el IEC 62474 y por tanto será vital para apoyar a los fabricantes de ErPs en la obtención de información y reporte en el uso de ciertas CRMs necesario para el cumplimiento de requerimientos de productos futuros. La intención principal del uso del documento es el intercambio de información sobre CRMs entre las partes interesadas relevantes aguas arriba y abajo en la cadena de suministro, por ejemplo, recicladores.

Norma	UNE-EN 45558:2019. Método general para declarar el uso de materias primas críticas en productos relacionados con la energía
Alcance	Esta norma es horizontal por naturaleza y puede aplicarse a cualquier tipo de ErP. Los usuarios potenciales de la norma serían cualquier empresa pública, privada o social involucrada en la producción de ErP, como los fabricantes de productos relacionados con la energía (incluyendo PyMEs) y otras organizaciones en la cadena de suministro del producto. Asimismo, es relevante para las autoridades europeas encargadas de la supervisión del mercado y el comercio, así como responsables políticos europeos. Este documento propone un formato estandarizado para reportar el uso de CRMs en ErPs mediante la aplicación de la norma de declaración de materiales IEC 62474. Sin embargo, no proporciona ni determina un método o herramienta específico para recoger la información sobre CRMs. Los productos químicos en proceso, emisiones durante la fabricación y embalaje están fuera del objetivo de la norma.
Procedimiento de evaluación	El proceso de rastreo de sustancias o grupo de sustancias como las materias primas críticas utilizadas en productos puede ser complejo, especialmente para productos con muchas partes y largas cadenas de suministro. Se pueden presentar muchos problemas si no se dispone de un modo armonizado para proporcionar dicha información a través de la cadena de suministro. IEC desarrolló la norma IEC 62474 sobre declaración de material para facilitar la recogida y declaración de dicha información. El documento contiene una lista estandarizada de sustancias declarables y un formato estándar de declaración, para asegurar que las declaraciones de diferentes suministradores puedan entenderse e intercambiarse fácilmente. La norma IEC 62474 únicamente incluye lista de sustancias utilizadas en equipos eléctricos y electrónicos. Sin embargo, el formato y las reglas prescritas son genéricas y pueden aplicarse a cualquier lista de sustancias empleadas en cualquier producto. Por otra parte, la norma no está ligada únicamente al reporte de sustancias peligrosas, y puede emplearse para la gestión de la declaración de sustancias reguladas (independientemente del motivo de esta regulación, por ejemplo, CRMs, que no tienen por qué ser peligrosas). La flexibilidad de la norma permite a la cadena de suministro asociar las CRMs tanto a un producto como a una parte específica del mismo, permitiendo el reporte en diferentes o múltiples niveles del producto (o parte).
Cálculos a realizar	Para la evaluación y declaración del uso de CRMs, se debe considerar de qué tipo se trata: 1. CRMs reguladas (por normativa) Para las materias primas críticas reguladas se debe suministrar una declaración de material tal como especifique la legislación. El formato de dicha declaración debe cumplir los requerimientos especificados en el IEC 62474 para los CRMs aplicables. La declaración de las CRMs declarables se debe realizar de acuerdo a los requerimientos y umbrales especificados en la legislación. Los requisitos típicos incluyen el reporte del nombre de la sustancia o del grupo de sustancia, la cantidad de sustancia, la ubicación de la sustancia en el producto y las exenciones (si aplica). 2. CRMs no reguladas (sin normativa) La declaración de este tipo de CRMs es voluntaria, ya que es posible que las organizaciones necesiten recoger información sobre CRMs incluso si no están reguladas. En este caso la norma IEC 62474 también puede emplearse para recoger este tipo de información. Sin embargo, el fabricante debe crearse su propia lista de sustancias, ya que, al no estar reguladas, no aparecen automáticamente en el listado de dicha norma. En este caso, es a criterio del fabricante decidir el nivel de detalle y qué tipo de información quiere recoger, determinando los requisitos mínimos de dicha información, por ejemplo, lista de las CRMs cubiertas, umbral de las sustancias a reportar o información sobre producto o parte. Estos requisitos mínimos deben garantizar que la información recogida sea suficiente para cumplir con las necesidades del fabricante. La siguiente información relevante podría ser recogida y evaluada sobre CRMs para soportar actividades como el reciclado o sustitución de tecnología o materiales: - Información del negocio (p.ej. nombre, dirección, persona responsable u otra información administrativa); - Información del producto (p.ej. Identificación, nombre, categoría, peso, etc.); - Nombre de la sustancia o grupo de sustancias; - Definición de un valor umbral de reporte para la sustancia o grupo de sustancias a reportar; - Cantidad de la sustancia o grupo de sustancia; - Ubicación (es) de la sustancia en el producto si es apropiado; Si se emplean herramientas para facilitar la recogida de información de CRMs no regulados, es responsabilidad del fabricante asegurar que la herramienta seleccionada es apropiada para tratar todos los requerimientos definidos.

Norma	UNE-EN 45558:2019. Método general para declarar el uso de materias primas críticas en productos relacionados con la energía
Métodos de verificación	La declaración de material es el método que los fabricantes pueden emplear para demostrar el cumplimiento con los requisitos legales asociados al uso de sustancias. Otro posible método, como podría ser el ensayo, es impracticable en la mayoría de los casos, debido a la compleja estructura de los equipos relacionados con la energía o a la falta de métodos de ensayo apropiados. En su lugar, en la mayoría de los casos la forma más práctica para los fabricantes es trabajar con sus suministradores para gestionar el cumplimiento y recopilar la documentación técnica necesaria como evidencia de dicho cumplimiento.
Reporte de los resultados	Se evaluará la necesidad de informar a las diferentes audiencias objetivo, y los datos se clasificarán dentro de los diferentes niveles de sensibilidad 1, 2 y 3 de acuerdo a EN 45559. Se deben aplicar los principios del IEC 62474 sobre declaración de material. Esta declaración debe incluir los siguientes elementos: • Aspectos Generales (Nombre y dirección de la empresa, nombre y detalles de la persona autorizada, fecha del informe, lista de normas aplicadas en la declaración y fecha de la documentación). • Otra información relevante para la declaración (descripción del producto, ilustración o descripción de la ubicación de las CRMs en el producto, listado de CRMs a declarar, con referencia a la legislación aplicable, límites para los cuales las CRMs han de ser declaradas). • Declaración del uso de CRMs en el tipo/grupo de producto (según lo especificado en la legislación o por ejemplo, nombre de la sustancia CRM, Número CAS, cantidad (o rango o presencia) en la parte del producto reportada, y si aplica, ubicación del CRM en la parte o el producto).

Norma	UNE-EN 45559:2019. Métodos para suministrar información asociada a aspectos de eficiencia de material en productos relacionados con la energía
Aspecto de eficiencia de material cubierto	Suministro de información asociada a eficiencia de material.
Objetivo	Este documento describe un método general para la comunicación sobre aspectos de eficiencia material de productos relacionados con la energía. La intención es que sea usado cuando se desarrolle una estrategia de comunicación en publicaciones horizontal, genérica, específica de producto o grupo de productos. Este documento está relacionado con casi todos los entregables de estandarización desarrollados bajo el Mandato M/543 (EN45552-45558). Mientras que el resto de entregables proporcionan metodologías para evaluar o medir aspectos específicos de eficiencia de material, este documento se centra en la metodología de comunicar estos aspectos. La legislación puede requerir que la información de eficiencia de material se suministre a una audiencia objetivo específica y que sea verificable, precisa, relevante y no engañosa. Por lo tanto, la norma describe como se deben considerar las audiencias objetivo (personas consumidoras, profesionales o autoridades de supervisión del mercado) así como los medios y canales para suministrar dicha información.
Alcance	Este documento establece una metodología común para el suministro de información relacionada con aspectos de eficiencia de material de ErPs. Tiene dos intenciones clave: • requiere que las publicaciones sobre eficiencia del material, genéricas u horizontales, incluyan una cláusula con una descripción general del contenido específico que se debe informar, y • incluye un método genérico sobre cómo crear una estrategia de comunicación que se utilizará al preparar publicaciones de productos, o grupos de productos, específicos.
Procedimiento de evaluación	Cuando se planifica el suministro de información en temas relacionados con eficiencia de material, se recomienda disgregar dicha información en: el tema específico de eficiencia de material y el contenido asociado; las audiencias objetivo que debe recibir la información y el nivel de sensibilidad de los datos y los canales y medios de comunicación que mejor encajan para el suministro de la información. Con ello, se propone elaborar una matriz de comunicación, que será empleada en el reporting del aspecto de eficiencia de material.

Norma	UNE-EN 45559:2019. Métodos para suministrar información asociada a aspectos de eficiencia de material en productos relacionados con la energía
Cálculos/ Acciones a realizar	Las acciones propuestas en la norma se podrían resumir en: 1. Definición de qué aspectos de eficiencia de material son relevantes para el producto, y los medibles asociados. Los aspectos vienen cubiertos por las normas previas (EN45552-45558). 2. Generación del contenido de la información a comunicar a una o más audiencias objetivo, de forma voluntaria u obligatoria por legislación. Este contenido puede ser de naturaleza cuantitativa o cualitativa. 3. Documentar el contenido asociado a cada aspecto, de acuerdo a lo indicado en cada norma de referencia. 4. Definir y especificar la(s) audiencia(s) objetivo, considerando sus necesidades y capacidades (grupos de edad, conocimientos técnicos, idioma, etc.). En la norma se definen tres audiencias claves (usuarios finales (incluyendo consumidores), profesionales y autoridades de vigilancia del mercado). 5. Definición de diferentes niveles de sensibilidad para cada tipo de información (confidencial, restringida y pública). 6. Definición del método de comunicación (medios y canales de comunicación), considerando las audiencias objetivo y los requerimientos legales si los hubiera. Los medios de comunicación pueden ser formato oral, escrito, representación gráfica o combinación de los anteriores. Los canales de comunicación dependerán del tipo y cantidad de información a suministrar, la duración de su disponibilidad y la audiencia objetivo. Se pueden citar como ejemplo: en/o dentro del producto o su embalaje (p.ej. marcado permanente o etiquetas que se puedan retirar); páginas web o bases de datos del fabricante; en el punto de venta; otros canales como TV, radio, internet, etc.; o mediante tecnologías especiales (p.ej. radio frecuencia, infrarrojos, RIF, códigos QR, etc.). 7. Desarrollo de una matriz de comunicación de aspectos de eficiencia de material, con los resultados de las etapas previas. El objetivo es ayudar a la recogida de todos los aspectos relevantes de una forma uniforme y estructurada.
Métodos de verificación	n/a
Reporte de los resultados	Cuando se planifica el suministro de información en temas relacionados con eficiencia de material, se recomienda disgregar dicha información en: el tema específico de eficiencia de material y el contenido asociado; las audiencias objetivo que debe recibir la información y el nivel de sensibilidad de los datos y los canales y medios de comunicación que mejor encajan para el suministro de la información. Con ello, se propone elaborar una matriz de comunicación, que será empleada en el reporting del aspecto de eficiencia de material.

Paso 4/ Recopilación de la información necesaria y ensayos

Una vez seleccionado la/las norma (as) más relevantes para el aspecto y producto a evaluar, y analizado ésta, se debe proceder a recoger la información requerida por la norma para poder aplicar el método propuesto.

Dicha información dependerá de cada norma y puede ir desde la cantidad de componentes reutilizados a estudios de durabilidad bajo ciertas condiciones.

A modo de ejemplo, se han desarrollado una serie de checklists, para cada norma, que listan la información a recopilar del producto y las posibles fuentes de información.



Norma	UNE-EN 45552:2021. Método general para el análisis de la durabilidad de productos relacionados con la energía
Información necesaria	☐ Análisis Funcional. Conocimiento de las diferentes funciones del producto y sus partes y las relaciones entre ellas. Dichas funciones se deben caracterizar y clasificar según apartado A.1.2 de la norma EN 12973:2000, o equivalente. ☐ Condiciones ambientales y de operación normales, incluyendo patrones de uso esperados del producto, condiciones bajo las que opera, etc. ☐ Información adicional, como por ejemplo ensayos previos, reglamentos de aplicación, experiencia previa, análisis de estrés y modelado de daños, etc. ☐ Determinación de los estados limitantes y los eventos limitantes que los provocan, sus mecanismos, causas y efectos. ☐ Parámetros de fiabilidad y datos existentes: Análisis de los Modos de Fallo y de sus Efectos (AMFE) y Análisis de Modos de Fallo, Efectos y Criticidad (AMFEC) de acuerdo a EN 60812 o equivalente, Análisis por árbol de fallo (FTA) según EN 61025, estados limitantes, esfuerzos y modelo de daño. ☐ Análisis de esfuerzo, determinando la capacidad de una parte o producto para soportar esfuerzos eléctricos, mecánicos, ambientales o de otro tipo que puede causar su fallo. Para ello se requiere un conocimiento detallado de sus propiedades. ☐ Métodos de ensayos de fiabilidad/durabilidad para el producto y las partes (incluyendo ensayos acelerados). Plan de ensayo y nivel de confianza de los resultados. ☐ Tasas de fallo producto/ componentes (estudios previos o referencias bibliográficas).
Posible fuente de información	☐ Manuales y publicaciones en Fiabilidad por ejemplo https://www.weibull.com/ o https://rs.ieee.org/ ☐ Resultados ensayos de durabilidad/fiabilidad previos. ☐ Datos históricos de fallos. ☐ Análisis de riesgos previos.

Norma	UNE-EN 45553:2021. Método general para evaluar la capacidad para la refabricación de productos relacionados con la energía
Información necesaria	☐ Estructura del producto (diseño tridimensional). ☐ Listado de materiales empleados y características. ☐ Listado de componentes empleados y características. ☐ Tipo de uniones empleadas y características. ☐ Determinación de la facilidad para localizar puntos de acceso y cierres. ☐ Determinación de la facilidad de verificación y testeo. ☐ Determinación de la facilidad de acceso para la limpieza, desensamblado, etc. ☐ Determinación de la facilidad de desensamblado /re-ensamblado. ☐ Determinación de la resistencia al desgaste (materiales, cierres, superficies, marcado, etc.). ☐ Elaboración matriz de atributos de refabricación (relevancia de cada atributo del producto con respecto a cada paso en el proceso de refabricación). ☐ Asignación Método de evaluación y ponderación de los diferentes atributos, en función del tipo de producto.
Posible fuente de información	☐ Diseño del producto (esquemas, dibujos, modelos 3D, etc.). ☐ Fichas técnicas de materiales y componentes. ☐ Ensayos de accesibilidad, re-/des-ensamblado (método eDIM, etc.).

Norma	UNE-EN 45554:2020. Métodos generales para evaluar la capacidad para la reparación, reutilización y actualización de productos relacionados con la energía
Información necesaria	☐ Estructura del producto (diseño tridimensional). ☐ Listado de componentes empleados y características. ☐ Tipo de uniones empleadas y características. ☐ Listado de tipo de herramientas necesarias. ☐ Partes con mayor probabilidad de fallo y necesidad de reemplazo/actualización. ☐ Listado de partes prioritarias, que pueden ser reparadas, reutilizadas o actualizadas. ☐ Criterios y categorías relevantes para la evaluación de cada parte prioritaria. ☐ Condiciones de servicio (p.ej. disponibilidad de instrucciones, partes de repuesto, actualizaciones de software, etc.). ☐ Condiciones del producto (p.ej. fracción de partes que pueden ser reparadas, la reparabilidad de la parte e interface para el diagnóstico, programación reseteo). ☐ Condiciones de las partes (p.ej. frecuencia de fallo, tiempo para el desensamblado, tiempo de reparación, tiempo de re-ensamblado). ☐ Ambiente de trabajo necesario. ☐ Habilidades/capacidades necesarias del reparador. ☐ Asignación Método de evaluación y cuantificación. ☐ Asignación de método de agregación.
Posible fuente de información	☐ Diseño del producto (planos, esquemas, etc.). ☐ Fichas técnicas de materiales y componentes. ☐ Ensayos de accesibilidad, re-/des-ensamblado, etc. ☐ Manuales de reparación, desmontaje, etc. ☐ Datos de fiabilidad y de desgaste de piezas y componentes.

Norma	UNE-EN 45555:2020. Métodos generales para evaluar la reciclabilidad y valorizabilidad de productos relacionados con la energía
Información necesaria	☐ Estructura del producto (diseño tridimensional). ☐ Listado de sustancias y materiales, pesos y características (tamaño, etc.). ☐ Listado de componentes empleados y características (tamaño, etc.). ☐ Separabilidad de los materiales/componentes a ser reciclados/recuperados. ☐ Características técnicas, combinación o secuencia de técnicas empleadas para el reciclado o recuperación de una corriente de material dada. ☐ Especificación/descripción del escenario de fin de vida. ☐ Check list de las características de diseño del producto o grupo de productos que puedan tener un efecto adverso en la capacidad del producto a ser reciclado/recuperado (p.ej. partes que contienen sustancias críticas o peligrosas, partes a descontaminar y tratamiento específico, etc.). ☐ Método de evaluación simplificado o detallado a aplicar, función de la información disponible (eficiencia tratamientos, etc.).
Posible fuente de información	☐ Diseño y estructura del producto (acceso y retirada partes, liberación de uniones, materiales no separables, materias primas críticas, partes plásticas, etc.). ☐ Fichas técnicas de materiales y componentes. ☐ Manuales de desmontaje/separación. ☐ Ensayos de accesibilidad, re-/des-ensamblado, etc. ☐ Fuentes de información para la definición del escenario de fin de vida: • Información de tasas de reciclado y recuperación de diferentes categorías de residuos. • Normas de tratamiento aplicables a la categoría de producto (por ejemplo, la serie EN 50625 para la gestión de WEEE). • Casos de estudio descritos en literatura científica. • Si están desarrolladas, bases de datos de valores de referencia de reciclado, suministradas por administraciones nacionales o europeas. • Parámetros obtenidos mediante el modelado de procesos de tratamiento, empleando herramientas de simulación.

Norma	UNE-EN 45556:2020. Método general para la evaluación de la proporción de componentes reutilizados en productos relacionados con la energía
Información necesaria	☐ Listado de componentes reutilizados en el producto (aquellos documentados como tal). Dependiendo del método de evaluación: ☐ Masa de los componentes reutilizados en el producto. ☐ Masa total del producto. ☐ Número de componentes reutilizados en el producto. ☐ Número de componentes totales en el producto. ☐ Definición del periodo contable (no mayor de un año). ☐ Masa total de los componentes reutilizados en ese periodo de tiempo. ☐ Número de unidades de producto fabricadas en ese periodo contable. ☐ Masa por unidad. ☐ Número total de unidades de componentes reutilizados en ese periodo contable.
Posible fuente de información	☐ Información de diseño del producto (esquemas, etc.). ☐ Información del suministrador sobre los componentes empleados (masa, origen reutilizado, etc.). ☐ Información de producción (unidades producidas, consumos de componentes, etc.). ☐ Mediciones de pesos reales en laboratorio.

Norma	UNE-EN 45557:2021. Método general para la evaluación de la proporción de contenido de material reciclado en los productos relacionados con la energía
Información necesaria	☐ Definición del alcance (todos los materiales, un tipo de material o un material individual específico). ☐ Composición de los materiales contenidos en el producto o en la parte, de acuerdo al alcance definido. ☐ Sistema de trazabilidad (cadena de custodia) de los materiales identificados como reciclados (pre- y post-consumo), y documentación justificativa asociada (generalmente del proveedor), sobre el tipo y calidad de los mismos. ☐ Balance de materia del proceso para el material reciclado: (durante el periodo contable): • masa de material en las partes o el producto durante ese periodo (salida). • masa de material que entra en el proceso durante el periodo (entrada). • cambios en el estoc de material en ese periodo. • pérdidas de material durante el proceso en ese periodo. • masa de residuo de material de producción en ese periodo. ☐ Cálculo del contenido en material reciclado (pre-consumo). Similar para el caso de material reciclado post-consumo: • Contenido de material reciclado (pre-consumo) en cada material o parte. • Masa del material reciclado (pre-consumo) empleado para la manufactura de la parte o producto. • Masa total del material o parte.
Posible fuente de información	☐ Información del suministrador sobre las partes o materiales que contienen material reciclado (pre- o post-consumo). ☐ Documentación justificativa cadena de custodia. ☐ Información de producción (unidades producidas, consumos de componentes, etc.). ☐ Mediciones de pesos reales en laboratorio para ciertas partes o materiales.

Norma	UNE-EN 45558:2019. Método general para declarar el uso de materias primas críticas (CRMs) en productos relacionados con la energía
Información necesaria	☐ Descripción del producto, incluyendo la ubicación de las CRMs en el mismo si aplica. ☐ Listado de CRMs a declarar (número CAS, etc.). ☐ Legislación aplicable sobre CRMs (CRMs reguladas y no-reguladas). ☐ Límites de declaración para cada CRM (cantidad, rango o presencia). ☐ Declaración de los proveedores sobre el uso de CRMs en los materiales/partes/componentes suministrados (según formato EN IEC 62474).
Posible fuente de información	☐ Información de diseño. ☐ Información del suministrador sobre las partes o materiales que contienen CRMs. ☐ Información de producción (uso de CRMs en el proceso productivo). ☐ Análisis de laboratorio para algunos casos concretos (verificación, etc.). ☐ Fuentes de información sobre legislación (https://eur-lex.europa.eu/). ☐ Web IEC 62474 (http://std.iec.ch/iec62474). ☐ Información sobre materias primas críticas. Proyecto europeo SCREEN. https://screen.eu/crms-2023/

Norma	UNE-EN 45559:2019. Métodos para proporcionar información asociada a aspectos de eficiencia de material en productos relacionados con la energía
Información necesaria	☐ Aspectos de eficiencia de material que se quiere comunicar y los resultados obtenidos. ☐ Audiencia objetivo y su perfil (edad, formación, etc.). ☐ Medios y canales de comunicación a emplear, y que mejor encajar con los aspectos a comunicar y con la audiencia objetivo. ☐ Nivel de sensibilidad de los datos a suministrar.
Posible fuente de información	☐ Resultados de las evaluaciones de aspectos de eficiencia de material, de acuerdo a las normas previas. ☐ Información del departamento de marketing/comunicación. ☐ Información del departamento legal (sensibilidad datos). ☐ Datos estadísticos e informes previos sobre la caracterización de las audiencias objetivo (consumidores, profesionales, etc.). ☐ Características técnicas y estudios de aplicabilidad e impacto de diferentes canales de comunicación, por ejemplo, radiofrecuencia, etc.

Paso 5/ **Análisis del producto y evaluación**

Una vez recopilada la información necesaria para aplicar la respectiva Norma, se debe proceder a la evaluación del producto tal como se especifica en la propia Norma, y que se ha descrito brevemente en los apartados anteriores.

Se recomienda realizar la recogida de información y los cálculos asociados a la evaluación del producto en hojas de cálculo que permitan, por una parte, almacenar los datos del producto y recuperar los diferentes casos analizados en un futuro, y por otra realizar comparativas entre diferentes productos.

Los resultados obtenidos por el análisis deben **evaluarse** en función del objetivo del estudio, por ejemplo:

- Qué partes, componentes o características del diseño presentan mayor influencia en los resultados y por tanto se pueden definir como objetivo de mejora.
- Si los resultados permiten definir estrategias de mejora del producto claras y cuantificables.
- Si se ha mejorado el aspecto de eficiencia de material seleccionada para el producto (p.ej. comparativa con versiones de producto anteriores).
- Si se ha alcanzado el objetivo interno cuantificable de uso racional de los materiales.
- Si se cumplen las expectativas de cliente con respecto a ese aspecto de eficiencia de material.
- Si los resultados permiten definir una clara estrategia de comunicación a las partes interesadas con respecto a economía circular y eficiencia de material.

Una vez evaluado el producto es el momento de reflejar las tareas desarrolladas y los resultados obtenidos en un informe sobre la evaluación de aspectos de eficiencia de material del producto.



Se debe tener en cuenta que cada norma fija el contenido mínimo que ha de tener el informe de evaluación de cada aspecto de eficiencia de material, tal como se indica en los resúmenes de cada norma en el PASO 3 de esta guía.

El **índice general** tendría como mínimo los siguientes apartados:

- Aspectos Generales (promotor, fecha, ubicación, etc.).
- Alcance de la evaluación (descripción del producto, descripción de las asunciones aplicadas, etc.).
- Datos de entrada para la evaluación del aspecto de eficiencia evaluado:
 - Descripción de los datos seleccionados / empleados / necesarios.
 - Métodos de cálculo aplicados.
 - Métodos y herramientas empleadas en la evaluación.
- Resultados de la evaluación (cualitativos y/o cuantitativos) que se pueden reportar a las diferentes audiencias objetivo (indicando referencias aplicables, etc.).



Paso 6/ **Propuestas estrategias de diseño**

Una vez evaluado el producto, el siguiente paso sería analizar aquellos aspectos del diseño que pueden mejorarse para que el producto tenga una mejor valoración en el/los aspecto(s) de eficiencia de material evaluado(s) (durabilidad, reutilización, etc.). Posibles aspectos de diseño a mejorar serían tipos de uniones, accesibilidad de las partes a reciclar o reparar, etc.

A continuación, se indica en la **Tabla 5** una lista de posibles estrategias de ecodiseño para cada uno de los aspectos de eficiencia de material que puede evaluarse con las normas mencionadas anteriormente.

Se recomienda que la empresa organice **sesiones de trabajo** con un equipo multidisciplinar (ingeniería, fabricación, ventas, medioambiente, calidad, marketing, etc.) para analizar las posibles alternativas de diseño y se realice un análisis de pros y contras de las diferentes medidas, con la participación de los miembros del equipo.

El resultado final de esta etapa sería un listado de posibles estrategias a aplicar al producto para mejorar los diferentes aspectos de eficiencia en el uso de recursos seleccionados.



Aspecto de Eficiencia de material	Estrategia de Ecodiseño
Fiabilidad y durabilidad 	☐ Mejorar la calidad de los materiales (materiales más resistentes a golpes, abrasión, etc.). ☐ Reforzar las uniones entre partes (uniones más robustas, elementos de unión con menor degradación, resistentes a la suciedad, etc.). ☐ Mejorar la estanqueidad del producto frente agentes externos (agua, polvo, etc.). ☐ Incrementar la fiabilidad de los componentes electrónicos (mejor empaquetado, uniones internas, etc.). ☐ Mejorar la soldadura de componentes electrónicos (aleaciones más resistentes, mejora en el proceso de soldadura, etc.). ☐ Mejorar la resistencia a la corrosión de partes metálicas. ☐ Disponer de protecciones ante sobrecargas o sobrecalentamientos. ☐ Mejorar la disipación térmica de los componentes electrónicos. ☐ Mejorar la estanqueidad de los circuitos con fluidos (reducir riesgo de fugas). ☐ Evitar que el equipo esté en carga, cuando no realiza ninguna función (paso automático a modo reposo o stand-by). ☐ Regular el funcionamiento del equipo para que trabaje progresivamente en función de la demanda, y no únicamente en modo arrancada-parada. ☐ Evitar la operación del equipo en condiciones extremas que puedan reducir su vida útil (estrés eléctrico, descargas electrostáticas, variaciones de voltaje, estrés mecánico como vibraciones internas, etc., condensaciones, o incompatibilidad electromagnética). ☐ Evitar la operación del equipo en ambientes extremos (temperatura, humedad, contaminantes químicos, vibración, campos electromagnéticos, etc.). ☐ Ofrecer información al usuario sobre el mantenimiento a realizar al equipo para alargar su vida útil. ☐ Ofrecer una garantía más amplia (mayor periodo, mayor número de componentes incluidos, etc.), por encima de lo exigido por ley.
Refabricación 	☐ Facilitar la inspección del producto (empleo de equipo estándar, puntos de acceso para la inspección claramente identificados, etc.). ☐ Aportar información sobre cómo determinar la operatividad del producto / partes (límites de operación), qué partes contienen sustancias peligrosas e indicación de cuidados especiales durante el testeo, por ejemplo, aspectos de seguridad. ☐ Facilitar el desensamblado del producto (tipo de uniones, acceso a las mismas, tipo de herramientas, etc.). ☐ Facilitar la limpieza del producto y sus partes (acceso a las partes a limpiar, empleo de materiales que repelan la suciedad, las partes a limpiar deben ser planas y resistentes al desgaste, los materiales y el marcado de dichas partes deben resistir los agentes de limpieza, ya sean químicos o mecánicos). ☐ Informar sobre los métodos de limpieza que no se pueden emplear en las partes o producto. ☐ Emplear un diseño modular que permita el fácil desmontaje de las partes. ☐ Facilitar el reprocesado del producto (acceso, sustitución piezas, actualización, etc.). ☐ Facilitar el re-ensamblado del producto, pensando en la fácil manipulación de las partes a re-ensamblar por una sola persona (partes no demasiado pequeñas, ni pesadas, ni cortantes), evitar errores de re-ensamblado en partes simétricas, facilitar la inserción de las piezas y su aseguramiento sin operaciones adicionales a la inserción. ☐ Reducir al máximo el número de herramientas necesarias para el desensamblado/re-ensamblado y procurar que dichas herramientas no sean exclusivas (herramientas comunes). ☐ Fomentar la resistencia al desgaste de las partes, empleando materiales y uniones resistentes al proceso de refabricación. ☐ Facilitar el testeo final del producto (instrucciones, información sobre valores óptimos, etc.). ☐ Facilitar el almacenamiento y transporte del producto durante cualquiera de las fases anteriores, para evitar daños al producto.

Aspecto de Eficiencia de material

Estrategia de Ecodiseño

Reparación, reutilización y actualización



Reparación

- ☐ Facilitar el desmontaje de las partes con mayor probabilidad de fallo y que se prevea que requerirán de sustitución durante la vida del producto, facilitando la secuencia de desmontaje y su profundidad (partes a desmontar antes de llegar a la parte objetivo).
- ☐ Favorecer dicho desmontaje considerando el tipo de unión a emplear, reduciendo su número, aumentando su visibilidad y facilitando su acceso y reutilización.
- ☐ Reducir el número de herramientas a emplear y empleo de herramientas comunes.
- ☐ Proporcionar la información necesaria a los profesionales de la reparación sobre el proceso de desmontaje óptimo, ubicación de las partes a reparar, procedimiento de diagnóstico e interfaces, etc.
- ☐ Disponer de piezas de repuesto durante un tiempo significativo después de que el producto se retire del mercado, y facilitar el acceso a las mismas.
- ☐ Disponer de sistemas de retorno de los equipos a reparar.

Reuso

- ☐ Emplear materiales y componentes resistentes al desgaste y a la rotura.
- ☐ Evitar la obsolescencia tecnológica facilitando la actualización del producto.
- ☐ Evitar la obsolescencia estética mediante un diseño que resista los cambios de tendencias (diseño clásico).
- ☐ Facilitar la transferencia y el borrado de los datos del usuario y la capacidad de retornar el equipo a la configuración de fábrica.

Actualización

- ☐ Facilitar la actualización del producto o de las partes con mayor probabilidad de obsolescencia.
- ☐ Garantizar la actualización del software y firmware necesario para la óptima operativa del equipo (accesibilidad y tiempo disponible).

Reciclabilidad y valorizabilidad



- ☐ Facilitar la identificación de las partes del producto que contienen sustancias peligrosas y que deben ser retiradas durante el proceso de descontaminación (marcado, etc.).
- ☐ Facilitar el acceso y la retirada de las partes que requieren un tratamiento selectivo específico (selección del tipo de unión, etc.).
- ☐ Facilitar la separación de uniones (tornillos, pegamentos, broches, etc.) para separar y clasificar los materiales compatibles con el proceso de reciclado.
- ☐ En caso de combinación de materiales no-separables, emplear materiales que sean compatibles con el proceso de reciclado de forma conjunta o que el proceso de reciclado permita su separación (diferente densidad, diferente conductividad eléctrica o magnetismo, etc.).
- ☐ Emplear el menor número de aditivos en el material, que puedan dificultar su reciclado (cargas, etc.).
- ☐ Evitar el uso de recubrimientos (pinturas, etc.) o etiquetas que puedan dificultar el reciclado de los materiales.
- ☐ Facilitar el acceso y la separación de las partes que contengan material primas críticas.
- ☐ Facilitar el acceso y la retirada de las partes que reduzcan la reciclabilidad del producto/materiales (por ejemplo, partes plásticas con cierto tipos de carga o retardantes de llama).
- ☐ Facilitar al acceso y la retirada de los materiales/componentes con valor especial para el reciclado (metales preciosos, etc.).
- ☐ Proporcionar información a los recicladores/recuperadores sobre los componentes y/o materiales con materias primas críticas; con materias con valor para el reciclado (metales preciosos, etc.) y los materiales/partes que contengan sustancias peligrosas que puedan limitar su reciclado/recuperación.

Aspecto de Eficiencia de material	Estrategia de Ecodiseño
Contenido componentes reutilizados 	☐ Especificar en el diseño el uso de componentes reutilizados en aquellos casos que sea posible y que no comprometa otros requerimientos del producto (p.ej. seguridad, etc.). ☐ Garantizar el origen y la calidad de los componentes reutilizados (trazabilidad de los mismos). ☐ Facilitar el diagnóstico y testeo de los componentes reutilizados. ☐ Ofrecer garantía del fabricante sobre los componentes reutilizados. ☐ Facilitar el acceso al mercado de componentes reutilizados y su adecuada logística de distribución (cantidades, tiempo de entrega, etc.). ☐ Proporcionar Información sobre el tipo de componentes reutilizados en el producto, ubicación de los mismos, su peso, etc.
Contenido material reciclado 	☐ Especificar en el diseño el uso de materiales reciclados en aquellos casos que sea posible y no comprometa otros requerimientos o especificaciones del producto (seguridad, etc.). ☐ Analizar la posibilidad de emplear material descartado en el proceso, como materia prima del mismo (reaprovechamiento interno de recortes de estampación, restos de desmoldeo en inyección de plástico, etc.). ☐ Si no es posible emplear material 100% reciclados, analizar la combinación óptima de material reciclado/material virgen que cumpla las especificaciones de la parte. ☐ Garantizar el origen (trazabilidad) y la calidad continua de los materiales reciclados (continuidad en las propiedades del material). ☐ Información sobre el material reciclado empleado en el producto (pre-consumo, post-consumo, ubicación, peso, etc.). ☐ Facilitar el acceso al mercado de materiales reciclados y su adecuada logística de distribución (cantidades, tiempo de entrega, etc.).
Materias primas críticas 	☐ Informar sobre el contenido y ubicación de las materias primas críticas en el producto. ☐ Facilitar su identificación, desensamblado y recuperación de las partes que contengan materias primas críticas. ☐ Solicitar información a los proveedores sobre el contenido en materias primas críticas de los materiales/componentes suministrados y su origen (trazabilidad). ☐ Estudiar alternativas para minimizar el uso de materias primas críticas. ☐ Especificar el empleo de materias primas críticas recicladas cuando sea posible. ☐ Identificar el origen de las materias primas críticas y establecer criterios de proximidad si es posible.
Comunicación 	☐ Desarrollar un Plan de Comunicación con respecto a aspectos de eficiencia de material: • qué se quiere comunicar (aspectos relevantes a comunicar); • a quién se quiere comunicar (perfil del público objetivo); • cómo se quiere comunicar (canales y medios de comunicación); • con qué frecuencia. ☐ Definir el riesgo asociado a esa comunicación (nivel de sensibilidad de la información a distribuir). ☐ Evitar el “green washing”, proporcionando información veraz y contrastada.

Tabla 5.- Estrategias de ecodiseño para mejorar distintos aspectos de eficiencia de material.

Paso 7/ Evaluación de las estrategias

Existen diferentes métodos para seleccionar la(s) **estrategia(s)** más prometedora(s). La más sencilla se presenta en la **Tabla 6**, donde cada una de las posibles estrategias, resultado de las sesiones de trabajo, se valoran de 1 a 5 respecto a 4 criterios (Viabilidad financiera, Tiempo de implementación, Viabilidad técnica y potencial de mejora).

La valoración total se puede hacer por suma directa de los valores (igualdad de relevancia de los cuatro aspectos) o mediante factores de ponderación (función de las prioridades de la empresa respecto a esos criterios).

La idea es que una vez valoradas, se seleccionen aquellas estrategias con mayor puntuación global.

Una vez seleccionadas aquellas estrategias más prometedoras, se debería definir cómo se implementarían (plan de trabajo, plazos, responsables, presupuesto, indicadores de seguimiento, etc.), tal como se indica en el Paso 8.



Estrategia	Viabilidad financiera	Tiempo de implementación	Viabilidad Técnica	Potencial de mejora	TOTAL
Estrategia 1					
Estrategia 2					
...					

Tabla 6.- Tabla de Evaluación de posibles estrategias.

El aspecto de “Potencial de Mejora” respecto a los aspectos de eficiencia de material se basa en una reevaluación del producto, evaluando la mejora potencial que se puede conseguir aplicando dichas estrategias de Ecodiseño (por ejemplo, reducción tiempo de acceso, cambio de tipo de uniones, cambio a material reciclado, etc.).

En esta etapa se propone realizar inicialmente una **reevaluación teórica** (estimación del grado de mejora aplicando el método de evaluación en función del aspecto a mejorar), y si el tiempo y los recursos lo permiten, repetir todo el proceso de generación de información y evaluación para el producto eco-diseñado (sobre el nuevo **prototipo** físico).

Para dicha reevaluación se pueden emplear modelos de diseño 3D, pruebas de laboratorio, etc.

Asimismo, para aquellos métodos que lo permitan, es posible hacer **simulaciones** para ver qué actuaciones serían necesarias realizar para alcanzar el **objetivo** de mejora deseado.

El resultado de esta etapa es un listado priorizado de estrategias/actuaciones que se podrían implementar en el producto para mejorar los diferentes aspectos de eficiencia de material analizados, seleccionado aquellas que se consideran más adecuadas.

Paso 8/ Plan de acción y evaluación resultados obtenidos

Se recomienda en este PASO definir un **Plan de Acción** para implementar y consolidar las estrategias y mejoras seleccionadas en el paso anterior, indicando acciones a realizar, responsable, plazo, presupuesto necesario e indicadores de desempeño a utilizar para evaluar la evolución de cada acción.

La implementación de este Plan de Acción se puede incluir actuaciones del tipo:

- Mejoras de diseño del producto para facilitar su reparación, desmontaje, actualización, etc.
- Mejoras del diseño para aumentar su durabilidad (aumento estanqueidad, etc.).
- Mejoras en la comunicación/información sobre el producto, por ejemplo, manuales de reparación, desmontaje, ubicación componentes relevantes para reutilización, etc.
- Mejoras en la disponibilidad de piezas de recambio, ampliación garantía, etc.
- Mejoras en los procesos de retorno y tratamiento del producto al final de su vida útil.
- Modelos de negocio asociados a la refabricación o reutilización de partes o del producto.
- Modelos de negocio o reducción costes asociados al reciclado/recuperación del producto y sus materiales.
- Reducción de contenido en materias primas críticas o sustancias peligrosas.



- Integración de las actuaciones en uso racional de los materiales en sistemas de gestión ya implementados en la empresa, por ejemplo, ISO-14001:2015 o ISO-14006:2020.

Este Plan debe estar soportado por Dirección y ha de conducir a la mejora del producto en aspectos de eficiencia de material (u otros aspectos de economía circular). Asimismo, se debe comunicar a todas las partes implicadas en su desarrollo.

Una vez implementado el plan de acción, se recomienda realizar una **evaluación** de los resultados obtenidos en dos sentidos:

- Evaluación final del grado de mejora obtenido con la implantación de las actuaciones/estrategias, mediante la reevaluación del producto respecto a las normas analizadas, de cara a cuantificar la mejora real obtenida, desde un punto de vista de uso racional de los materiales.
- Evaluación con perspectiva de ciclo de vida (Análisis de ciclo de vida) para cuantificar la mejora obtenida desde un punto de vista de impacto ambiental.

En este segundo caso, se pretende relacionar las mejoras propuestas en aspectos de eficiencia de material con la cuantificación de la posible reducción del impacto ambiental del producto, empleando la metodología del **Análisis de Ciclo de Vida**.

Esta guía no pretende explicar cómo desarrollar un análisis de ciclo de vida, ya que existen un sinfín de normas, guías y manuales para ello, como, por ejemplo:

- ISO-14040: 2006. Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia.
- ISO-14044: 2006. Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Requisitos y directrices.
- ILCD Handbook, con diferentes documentos asociados.
- Product Environmental Footprint (PEF) Guide.

Por su parte Ihobe ha publicado una serie de guías sobre esta temática, que pueden consultarse en su sección de publicaciones⁷.

⁷ <https://www.ihobe.eus/publicaciones/>

Sin embargo, se considera necesario en esta guía recordar diferentes conceptos de ACV y sus consideraciones con respecto a aspectos de eficiencia de material (ver **Tabla 7**), de cara a orientar dicho estudio de ACV de forma adecuada.

Concepto de ACV	Consideraciones eficiencia de material
Unidad Funcional	La unidad funcional debe considerar el servicio(s)/función(es) desempeñado(s) por el producto analizado durante un cierto periodo de tiempo, para poder comparar las diferentes estrategias. Si se emplea una unidad funcional basada únicamente en una unidad de producto, muchos de los beneficios ambientales asociados a eficiencia de material no se verían reflejados (por ejemplo, mayor durabilidad y la menor necesidad de reemplazo del producto).
Alcance	El estudio de ACV debe fijar el alcance del mismo, para asegurar que la amplitud, profundidad y el nivel de detalles del estudio sean compatibles y suficientes para alcanzar el objetivo deseado. Se deben fijar qué producto/familia se analiza, sus funciones, etc.
Límites del Sistema	Los límites del sistema definen los procesos unitarios a ser incluidos en el estudio, por tanto, deben incluir aquellos procesos que puedan tener relevancia para los aspectos de eficiencia de material analizados, por ejemplo debe incluir el escenario de fin de vida (desmontaje, descontaminación, recuperación, etc.), los procesos de reciclado, la logística de recogida del producto al final de su vida útil, las piezas/materiales de recambio, etc.
Criterios de corte	Los criterios de corte fijan la cantidad de flujo de materia o energía o del nivel de importancia ambiental asociado a los procesos unitarios o al sistema del producto para su exclusión del estudio de ACV. Por ello, de cara a evaluar aspectos de eficiencia de material, dichos niveles de corte se deben adaptar al aspecto considerado. Por ejemplo, si se analiza el contenido en materias primas críticas, el nivel de corte en masa debe ser el suficiente para poderlas incluir (por lo general en muy pequeñas cantidades en el producto).
Métodos Asignación	La asignación de la carga ambiental entre varias salidas de un proceso unitario debe realizarse considerando también el aspecto de eficiencia de material considerado. Por lo general el método de asignación será por masa, pero en determinados procesos, por ejemplo, de reciclado, se puede plantear una asignación por valor económico o por el número de usos posteriores del material reciclado.
Calidad datos	La calidad de los datos definirá el grado de validez del estudio de ACV. Siempre que sea posible se debería procurar trabajar con datos primarios, pero puede ser difícil obtener dichos datos de procesos que no estén bajo el control del fabricante (por ejemplo, escenario de fin de vida). Para ello se pueden emplear datos secundarios procedentes de bases de datos, etc.

Tabla 7.- Conceptos de ACV a considerar para evaluar mejoras de eficiencia de material.

La relación de cada uno de esos conceptos de ACV con respecto a los diferentes aspectos de eficiencia de material se presenta en la **Tabla 8**. En ella se evalúa la relevancia de cada concepto a la hora de evaluar cada aspecto de eficiencia de material mediante ACV.

Aspecto de eficiencia de material	Relación con ACV	Concepto de ACV	Relevancia	Comentarios
Fiabilidad y Durabilidad	El incremento de la durabilidad del producto alargaría la vida útil del mismo. Por tanto, para dar un determinado servicio durante un determinado tiempo, se necesitarían un menor número de unidades de producto, y por tanto se reduciría el impacto global del servicio en su fase de fabricación y uso .	Unidad Funcional	Alta	Focalizar en la funcionalidad y tiempo de servicio antes que una unidad de producto.
		Alcance	Media	Debe cubrir las funciones del producto.
		Límites del Sistema	Media	Inclusión de las operaciones de mantenimiento, reparación y actualización necesarias para conseguir la durabilidad planteada.
		Criterios de corte	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Métodos Asignación	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Calidad datos	Media	Especialmente sobre fiabilidad y necesidad de reparación / actualización del producto durante su vida útil.

Aspecto de eficiencia de material	Relación con ACV	Concepto de ACV	Relevancia	Comentarios
Refabricación	La mejora del potencial de refabricación del producto reduciría la necesidad de fabricar productos nuevos, lo que reduciría el impacto ambiental asociado a la fase de fabricación y de uso .	Unidad Funcional	Media	Debe ser igual que el producto no refabricado para poder comparar. Debe ser igual que el producto no refabricado para poder comparar.
		Alcance	Media	Debe ser igual que el producto no refabricado para poder comparar. Debe ser igual que el producto no refabricado para poder comparar.
		Límites del Sistema	Media	Inclusión del origen, obtención y la logística hasta planta de las partes/productos a refabricar.
		Criterios de corte	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Métodos Asignación	Alta	Criterio de asignación económico o físico (masa) para asignar cargas entre diferentes partes a refabricar. Criterio de asignación de impacto al producto a refabricar (como residuo, carga evitada, etc.).
		Calidad datos	Media	Especialmente sobre origen y la logística hasta planta de las partes/productos a refabricar.

Aspecto de eficiencia de material	Relación con ACV	Concepto de ACV	Relevancia	Comentarios
Reparación, reutilización y actualización	Estos tres aspectos contribuirían a aumentar la vida útil del producto (ver comentario en durabilidad) y por tanto reducirían los impactos ambientales asociados a la sustitución del producto. Por otra parte, la mejora en aspectos como la accesibilidad, desmontabilidad, etc. del producto reduciría el impacto durante la fase de reparación / mantenimiento de mismo, al simplificar el tipo de herramientas y el tiempo necesario.	Unidad Funcional	Alta	Focalizar en la funcionalidad y tiempo de servicio antes que una unidad de producto.
		Alcance	Media	Debe cubrir las funciones del producto.
		Límites del Sistema	Media	Inclusión de las operaciones de mantenimiento, reparación, reutilización y actualización necesarias.
		Criterios de corte	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Métodos Asignación	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Calidad datos	Media	Especialmente sobre fiabilidad y necesidad de reparación/actualización del producto, así como su potencial de reutilización manteniendo la funcionalidad.

Aspecto de eficiencia de material	Relación con ACV	Concepto de ACV	Relevancia	Comentarios
Reciclabilidad y valorizabilidad	La mejora en estos aspectos reduciría el impacto ambiental del escenario de fin de vida del producto, facilitando el reciclado de los materiales o la recuperación de los componentes. Por tanto, a mayor cantidad de material reciclado o de componentes recuperados, menor impacto ambiental en la fase de fin de vida.	Unidad Funcional	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Alcance	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Límites del Sistema	Media	Inclusión del escenario de fin de vida propuesto.
		Criterios de corte	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Métodos Asignación	Alta	Criterio de asignación económico o físico (masa) para asignar cargas entre diferentes flujos reciclados o recuperados. Criterio de asignación de impacto al material reciclado (carga evitada, etc.).
		Calidad datos	Media	Especialmente sobre escenario de fin de vida (eficiencia procesos de reciclado, etc.).

Aspecto de eficiencia de material	Relación con ACV	Concepto de ACV	Relevancia	Comentarios
Proporción componentes reutilizados	El incremento de la proporción de componentes reutilizados reduciría el impacto ambiental del producto durante su fase de fabricación , ya que los componentes reutilizados tendrían un impacto ambiental inferior que los componentes nuevos.	Unidad Funcional	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Alcance	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Límites del Sistema	Alta	Inclusión de los procesos que permiten la reutilización de los diferentes componentes.
		Criterios de corte	Baja	Aspecto no específico.
		Métodos Asignación	Alta	Criterio económico o físico (masa) para asignar cargas entre diferentes componentes reutilizados o no reutilizados. Criterio de “carga evitada” para los componentes reutilizados.
		Calidad datos	Media	En especial sobre escenario de reutilización de los componentes (consumo energía, residuos, etc.).

Aspecto de eficiencia de material	Relación con ACV	Concepto de ACV	Relevancia	Comentarios
Contenido material reciclado	El incremento del contenido en material reciclado reduciría el impacto del producto en la fase de fabricación , dado que el material reciclado en principio tendría un impacto ambiental inferior que el material virgen.	Unidad Funcional	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Alcance	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Límites del Sistema	Alta	Inclusión de los procesos de reciclado del material.
		Criterios de corte	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Métodos Asignación	Alta	Criterio económico o físico (masa) para asignar cargas entre diferentes materiales reciclados. Criterio de “carga evitada” para los materiales reciclados.
		Calidad datos	Media	Especialmente sobre escenario de reciclado de los materiales (consumo energético, residuos, etc.).

Aspecto de eficiencia de material	Relación con ACV	Concepto de ACV	Relevancia	Comentarios
Uso materias primas críticas	Las materias primas críticas en principio tienen un mayor impacto ambiental que las no críticas, y por tanto su reducción reduciría el impacto ambiental del producto durante la obtención de materias primas y en su fase de fabricación .	Unidad Funcional	Baja	Aspecto no específico (similar a producto sin materias primas críticas).
		Alcance	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Límites del Sistema	Alta	Inclusión procesos de obtención y logística de las materias primas críticas.
		Criterios de corte	Media	Ampliar criterio de corte para incluir las materias primas críticas (peso final en el producto).
		Métodos Asignación	Baja	Aspecto no específico en este caso.
		Calidad datos	Media	Especialmente sobre la obtención y logística de las materias primas críticas (residuos generados, etc.).

Tabla 8.- Relación conceptos de ACV con aspectos de eficiencia de material.

Otra forma de evaluar el grado de mejora del producto con perspectiva de ciclo de vida sería a través del **uso de ecoetiquetas** tipo I y III (declaraciones ambientales). A modo de ejemplo, se pueden citar algunas que incluyen productos relacionados con la energía, como por ejemplo EU Ecolabel, US Energy Star, Blue Angel, Nordic Swan, EPD System o PEP ecopassport.

Algunas etiquetas de tipo I incluyen aspectos de eficiencia de material, y requisitos mínimos a cumplir para poderlas obtener, por ejemplo períodos de garantía mínimos, contenido en material reciclado, etc. En este sentido puede ser útil ver qué cerca o alejado está nuestro producto con respecto a dichos requisitos.

En el caso de las Ecoetiquetas tipo III, van asociadas a estudios de Análisis de Ciclo de vida, los cuales deben realizarse siguiendo las indicaciones fijadas en las respectivas reglas de categoría de producto (PCR o similar).

En estos casos, es importante fijar una misma unidad funcional, límites del sistema, etc. para poder realizar la comparativa de diferentes productos. Para la determinación de la Unidad Funcional, las propuestas de PEFCR van más orientadas a considerar las funciones del producto que a un producto físico unitario.

Para más información sobre etiquetado ambiental se pueden consultar las guías publicadas por Ihobe⁸.

Paso 9/ **Comunicación de los resultados**

Una vez desarrollado el informe sobre el resultado de la evaluación del producto en aspectos de eficiencia de material, con el contenido mínimo fijado por la respectiva norma, se debe analizar **a quién** comunicar dichos resultados (público objetivo), **qué** comunicar (aspecto y contenido), **cuándo** comunicarlo (momento/ periodicidad) y **cómo** comunicarlo (medio y modo).

La Norma **UNE-EN 45559** indica Métodos para suministrar información relacionada con aspectos de eficiencia material de productos relacionados con la energía, considerando diferentes niveles de confidencialidad.

El **contenido** relacionado con los aspectos de eficiencia de material puede ser de naturaleza cualitativa (por ejemplo, manuales de reparación) o cuantitativa (por ejemplo valor del contenido en masa de material reciclado).

Otro aspecto a considerar, que se puede tratar de forma conjunta o separada en la estrategia de comunicación, serían los resultados obtenidos mediante la **evaluación de ciclo de vida** (resultados de ACV), Este tipo de información presenta diferencias con la anterior, y es preciso analizar si el destinatario tiene conocimientos en ACV y el grado de detalle a comunicar (p.ej. valores agregados, impactos ambientales a considerar, etc.).

Por tanto, de cara a fijar la estrategia de comunicación se debe considerar las necesidades y capacidades del público objetivo. Deben tenerse en cuenta aspectos como idioma, conocimientos técnicos, edad, localización, etc. Si se consideran varios públicos objetivos para una misma información, se debería separar por secciones relevantes para cada tipo.

En la norma UNE-EN 45559 se definen **tres públicos objetivo clave**:

- **Usuarios finales** (incluyendo clientes).
- **Profesionales** (entre otros instaladores, reparadores, operarios mantenimiento, recicladores, etc.).
- **Autoridades** de supervisión del mercado.

Asimismo, la mencionada norma indica **tres niveles de sensibilidad de la información**. Es la propia empresa fabricante del producto quién definirá el nivel de sensibilidad, considerando aspectos como el tipo de producto, las necesidades del mercado, la legislación aplicable, la sensibilidad de los datos (por ejemplo, aspectos de seguridad del producto), etc. Los niveles propuestos son:



- **Nivel 1.- Público** (cuando su revelación, alteración o pérdida resulta en un daño bajo o nulo para el fabricante, socios o partes interesadas, o cuando los datos deben publicarse en cumplimiento de la legislación o acuerdos voluntarios).
- **Nivel 2.- Restringido** (cuando su revelación, alteración o pérdida resulta en un daño moderado para el fabricante y socios o riesgo para otras partes interesadas. La información es compartida con terceras partes autorizadas).
- **Nivel 3.- Confidencial** (cuando su revelación, alteración o pérdida resulta en un daño significativo para el fabricante y socios o riesgo para otras partes interesadas. Son datos altamente sensibles o contienen información exclusiva y/o privada valiosa. Requiere de control de seguridad de alto nivel).

Los **modos de comunicación** se refieren a la forma en que se comunica la información (formato oral, formato escrito, representación gráfica o combinación de ellas).

Por su parte los **medios de comunicación** se refieren al conjunto de formas o herramientas utilizadas para almacenar o suministrar la información (etiquetas, folletos, etc.). Tanto los modos como los medios se deben elegir en función del tipo y volumen de la información a suministrar, su duración y disponibilidad, el público objetivo y los requisitos legales a cumplir.

La **Tabla 9** presenta un ejemplo de matriz de comunicación, tomando como base el contenido mínimo indicado en la mencionada norma.

En dicha norma UNE-EN 45559 puede encontrarse en su Anexo A, una tabla ejemplo para una aspiradora y en su anexo C, un modelo para declarar información de uso racional de materiales.

Aspecto a Comunicar	Contenido	Público objetivo	Dpto. Responsable	Modo	Medio	Momento/ periodicidad	Sensibilidad información	Registro
Contenido en material reciclado	Porcentaje en masa de material reciclado en el producto	Cliente (usuario final)	Marketing	• Representación gráfica • Formato escrito • Electrónico	• Etiqueta en producto • En catálogo de producto • En página web pública	• Lanzamiento producto • Revisión anual	Nivel 1 (Público)	n/a
Reparabilidad	Manual de reparación	Profesionales (técnicos especializados reparación)	Ingeniería	• Formato escrito • Electrónico	• En página web privada (acceso bajo registro)	• Lanzamiento producto • Mantener durante 5 años después de la retirada del producto del mercado	Nivel 2 (Restringido)	Registro accesos por usuario registrado
Durabilidad	Durabilidad esperada del producto	Cliente (Usuario final)	Ingeniería	• Declaración	• En catálogo de producto	• Lanzamiento producto	Nivel 1 (Público)	n/a

Tabla 9.- Ejemplo de Matriz de comunicación.



04

Conclusiones metodología



La metodología presentada pretende soportar a las empresas a incluir los aspectos de uso racional de los materiales en su proceso de mejora de producto y de comunicación. La metodología pretende ser práctica y ayudar a las empresas a familiarizarse con las normas publicadas en este sentido.

A continuación se presenta un Caso Práctico que pretende visualizar la aplicación práctica de esta metodología sobre un producto concreto, en este caso una lavadora doméstica.

La apuesta firme de la Comisión Europea para potenciar el uso racional de los materiales se demuestra a través del Plan de Trabajo y las revisiones de la Directiva de Ecodiseño, la aprobación del Pacto Verde Europeo y del nuevo Plan de Trabajo en Economía Circular. Es por tanto una transición que las empresas no pueden obviar y deben estar preparadas para ello, e incluso anticiparse, si quieren seguir siendo competitivas.



05

Aplicación en caso práctico



El objetivo de este caso práctico es mostrar un ejemplo de aplicación de la metodología propuesta en un producto genérico, en este caso una lavadora doméstica, y analizar con el mismo la viabilidad práctica de dicha metodología.

Debido a la limitación de información primaria, se ha desarrollado un planteamiento general y se han realizado estimaciones para alguno de los parámetros necesarios. En un caso real, la información requerida estaría disponible por parte del fabricante del producto.



Este caso práctico se dividirá en los diferentes pasos propuestos por la metodología, explicando el enfoque dado en cada caso y los resultados obtenidos. También se indicarán las limitaciones e hipótesis de cálculo realizadas.

Al tratarse de un caso genérico, y al no estar basado en datos primarios, no se recomienda el uso de los resultados obtenidos en comparativas de productos, el uso de los mismos como referencia, etc.

El esquema general de la metodología propuesta para integrar estrategias de eficiencia de material en la organización se resume a continuación (ya indicado en el apartado 3).



En los siguientes apartados de este caso práctico se describen en detalle cada uno de los pasos propuestos.

Paso 1/ **Selección del producto a evaluar**

El primer paso propuesto es seleccionar el producto que se quiera evaluar.

En este caso práctico se ha seleccionado una **lavadora doméstica** de las siguientes características:

- Carga frontal.
- Capacidad 6 - 8 kg.
- Gama media.
- Peso (sin embalaje): 79 kg.

Se han empleado diversas referencias bibliográficas, como por ejemplo estudios preparatorias de la Comisión en el marco de la Directiva de Ecodiseño, para definir un producto genérico, definiendo el BOM de materiales según dichas referencias.

En este caso es relevante la selección de una gama media, ya que dicha selección condiciona el tipo de material en algunos componentes (por ejemplo, el tambor) y la cantidad de electrónica utilizada.

Se considera que este producto puede ser representativo de la gama media de productos existentes en el mercado.

En un caso real, como indica la Guía, los motivos para seleccionar un producto u otro pueden ser diferentes, y los criterios de selección pueden basarse en cierta documentación de referencia, como por ejemplo cuota de mercado, etc.

La información que se requerirá del producto para la realización de esta etapa de selección podría consistir en:

- **Relación de componentes y materiales empleados (BOM)**, para identificar el empleo de materiales con alto impacto ambiental, que puedan ser sustituidos por materiales reciclados, etc.
- **Planos de diseño** del producto, con indicación de la situación de los diferentes componentes, tipos de uniones, etc., para identificar características del producto con respecto, por ejemplo, a facilidad de desmontaje, potencial de reparabilidad, etc.



- Necesidades de **mantenimiento y reparación** del producto durante su uso, para identificar las piezas que requieren una mayor tasa de sustitución, aspectos de durabilidad, etc.
- **Escenario de fin de vida** del producto, para identificar aspectos de reciclabilidad, etc.

Esta información nos ha de orientar en la selección del producto con un mayor potencial de mejora, y sobre qué aspectos podría ser prioritario trabajar.

En los siguientes apartados se describe dicha información para el caso genérico planteado. En el caso de un producto real, dicha información estaría en posesión del fabricante y sería de fácil acceso para el mismo.

Listado de Materiales del producto (BOM)

En este caso, se ha definido un BOM genérico empleando diferentes referencias bibliográficas. En la Tabla 10 se indica dicho listado de materiales desglosado por componente.

Componente	Material	PESO (kg)
Cabina	Acero	18,00
Tambor interno	Acero	8,00
Tambor externo	Carboran 40% (PP reforzado)	10,50
Motor	Acero	3,40
	Hierro	1,45
	Aluminio	2,72
	Cobre	0,68
Electrónica	Circuito impreso	0,44
	Componentes electrónicos	0,50
	Aluminio (disipadores)	0,40
Puerta	Vidrio	1,80
Cables	Varios	0,63
Otras partes metálicas	Acero	0,84
Otras partes plásticas	PP	7,47
	PVC	1,03
	Goma	0,88
	ABS	1,80
Contrapeso	Cemento	18,68
Embalaje	Papel	0,15
	PE	0,20
	PS	0,50
	PA-Nylon	0,10
	Cartón	1,30
Peso Total con embalaje		81,47
Peso total sin embalaje		79,22

Tabla 10.- Listado de Materiales del producto base de referencia.

Escenario de Mantenimiento y reparación

Se considera que el producto tiene una **vida media estimada de 2.200 ciclos de lavado** (10 años de uso medio).

Durante ese tiempo se estima que requerirá cierto mantenimiento periódico por parte del usuario (limpieza filtros, etc.).

Por su parte, los componentes que se estima que puedan requerir reparación con mayor probabilidad serían:

- motor y escobillas del motor,
- transmisión entre el motor y el tambor,
- bombas,
- amortiguadores y muelles,
- tambor de lavado, cruceta del tambor y sus rodamientos de bolas relacionados (por separado o en conjunto),
- resistencias y elementos calentadores, incluidas las bombas de calor (por separado o en conjunto),
- tubos y elementos relacionados, incluidas las distintas mangueras, las válvulas, los filtros y los sistemas antifugas (por separado o en conjunto),
- circuitos impresos,
- indicadores visuales electrónicos,
- interruptores de presión,
- termostatos y sensores,
- software y firmware, incluido el software de reinicio;
- puerta, bisagra y juntas de la puerta, y otro tipo de juntas,
- montaje del cierre de la puerta y elementos auxiliares de plástico, como el distribuidor de detergente

Dichos componentes son los indicados en el reglamento de ecodiseño de lavadoras (Reglamento (UE) 2019/2023), como piezas de repuesto a disponer por parte del fabricante.

Escenario de Fin de Vida

El escenario de fin de vida para el producto se ha considerado de forma global (no por tipo de material) y se basa en datos bibliográficos y de eurostat⁹ (año 2019, WEEE categoría 4.-España).

Escenario de fin de vida	%
Reutilización	1,5%
Reciclado	77,0%
Recuperación energética	2,0%
Vertedero	19,5%
TOTAL	100,0%

Tabla 11.- Escenarios de fin de vida del producto.

Planos de diseño

Como es lógico, no se dispone de planos de diseño de este producto genérico. Dicha información, en el caso de un producto real, estaría a disposición del fabricante.

La disposición de los diferentes componentes, especialmente los que tienen una mayor tasa de fallo, ha de permitirnos evaluar la accesibilidad a los mismos, tipos de uniones, herramientas necesarias, etc.

9 <https://ec.europa.eu/eurostat>

Paso 2/ **Selección del aspecto(s) de eficiencia de material a evaluar**

En este paso se selecciona el(los) aspecto(s) de eficiencia de material a evaluar, considerando la información previa sobre el producto.

Se considera que, para el producto seleccionado, los aspectos más relevantes serían.

- **Durabilidad.-** Posibilidad de alargar la vida útil del producto, mejorando la fiabilidad de ciertos componentes.
- **Reparabilidad.-** Facilidad de acceso, desmontaje y montaje de las piezas con mayor tasa de fallo.
- **Reciclabilidad.-** Aumento del potencial de reciclado del producto, facilitando la separación de aquellos componentes que requieran descontaminación y aquellos que presenten mayor potencial de reciclado (partes metálicas de gran peso, etc.), evitando su contaminación cruzada.

No se consideran relevantes para este tipo de producto aspectos de:

- **Actualización,** al tratarse de una gama media con poco software actualizable.
- **Contenido en materiales fundamentales o críticos,** al no considerarse un aspecto relevante para este tipo de producto, y focalizarse mayoritariamente en los componentes electrónicos, y en ocasiones en el motor (dependiendo de su tipo: imanes permanentes, etc.).
- **Refabricación,** al tratarse de un producto estándar, de larga vida útil y cierta evolución tecnológica, y por tanto con poco valor añadido de cara a la refabricación.
- **Uso de componentes reutilizados,** al considerarse que no se emplearían en productos nuevos. Sin embargo, puede tener sentido su uso como piezas de recambio.
- **Uso de materiales reciclados,** al considerarse que el producto analizado no incluye un contenido significativo en material reciclado. En un caso real, se podría analizar esta posibilidad de empleo de material reciclado en ciertas partes (por ejemplo, partes plásticas con bajos requerimientos técnicos).

En un caso real, se deberían considerar otros condicionantes a la hora de la selección de los aspectos, no únicamente relacionados con el producto, como podrían ser requerimientos/intereses de cliente, estrategia de la empresa y posibles nuevos modelos de negocio, disponibilidad de información, etc.

Paso 3/ Análisis de la norma a aplicar

En este paso, una vez seleccionado el/los aspectos(s) más relevantes para el producto a evaluar, se deben seleccionar las normas relacionadas con dichos aspectos.

En el caso analizado, las normas a considerar serían:

UNE-EN 45552:2021.- Método general para la evaluación de la durabilidad de los productos relacionados con la energía.

UNE-EN 45554:2020.- Métodos generales para la evaluación de la capacidad de reparación, reutilización y actualización de productos relacionados con la energía.

UNE-EN 45555:2020.- Métodos generales para la evaluación de la reciclabilidad y la valorizabilidad de los productos relacionados con la energía.

UNE-EN 45559:2019.- Métodos para proporcionar información relacionada con aspectos de eficiencia de materiales de productos relacionados con la energía.

Este análisis de la norma ha de identificar:

- Método general de evaluación a emplear.
- Información necesaria a recopilar del producto para dicha evaluación.
- Tipos de pruebas o ensayos a realizar.
- Cálculos a realizar.
- Tipo de informes a presentar.

Para ello, se recomienda emplear la norma en sí, y las fichas resumen indicadas en la Guía.



A continuación se indican las conclusiones principales derivadas del análisis de las normas en el caso práctico planteado.

UNE-EN 45552:2021.- Durabilidad

El análisis de los requisitos y metodologías indicadas en la norma muestra que, con la información disponible en nuestro caso práctico, no es posible realizar un análisis detallado de durabilidad/fiabilidad, ya que no se dispone de cierta información relevante, por ejemplo, tasas de fallos de los diferentes componentes y del equipo, etc.

Tampoco se dispone de la información necesaria para realizar Análisis de los Modos de Fallo y de sus Efectos (AMFE) y Análisis de Modos de Fallo, Efectos y Criticidad (AMFEC) de acuerdo a EN 60812 o equivalente o Análisis por árbol de fallo (FTA) según EN 6102.

En un caso real, y con la información del fabricante y de los proveedores, se podría plantear el análisis de dichos aspectos.

Por ello, se ha planteado un **análisis simplificado**, que intenta cubrir la mayoría de los puntos indicados en la norma, salvo la parte de cuantificación de los resultados del análisis de fiabilidad (por ejemplo, como la probabilidad de fallo o supervivencia o tiempo hasta fallo -TTF-) o los resultados del análisis de durabilidad utilizando los modelos de daño apropiados y factores de aceleración.

Por tanto, los aspectos a cubrir en nuestro caso práctico, como análisis simplificado, serían:

1. Identificación preliminar de las condiciones de operación del equipo y posibles elementos de estrés.
2. Análisis inicial de la funcionalidad del equipo.
3. Identificación preliminar de posibles mecanismos o modos de fallos, y componente asociado al equipo.
4. Posibles métodos acelerados para evaluar la durabilidad (planteamiento general).
5. Análisis inicial de los aspectos de diseño que puedan aumentar la durabilidad del equipo.

UNE-EN 45554:2020.- Reparabilidad

El análisis de la norma de referencia muestra que, en este caso, y debido a la falta de información concreta sobre el diseño del producto, por ejemplo, ubicación partes prioritarias a reparar, tipos de uniones, etc., sólo se podrá realizar un **análisis simplificado** que incluirá los siguientes aspectos:

1. Identificación de las partes prioritarias basados en fuentes bibliográficas.
2. Análisis inicial de algunos de los criterios y categorías aplicables para ciertas partes prioritarias.
3. Análisis de aspectos de diseño que puedan aumentar la reparabilidad del equipo.

UNE-EN 45555:2020.- Reciclabilidad

El análisis de la norma muestra que existe cierta información requerida que deberá ser estimada en el presente caso práctico. Sin embargo, se realizará un análisis de la mayoría los aspectos indicados en la norma de referencia, incluyendo:

1. Definición y descripción del **escenario de tratamiento de final de vida** del producto analizado, con identificación de los diferentes pasos y la eficiencia de cada etapa del tratamiento (diagrama de flujo, etapas en orden secuencial, salidas en cada etapa y su destino, eficiencia de la recuperación, pérdidas de material, etc.).
2. Descripción y evaluación preliminar de las **características de diseño del producto**, incluyendo la identificación de las **partes a ser extraídas durante la descontaminación** previa al tratamiento.
3. Aplicación preliminar de reglas específicas para la determinación de **factores de reciclabilidad/valorizabilidad** de una parte/material del producto o grupo de productos.
4. Estimación de los factores de reciclabilidad, basándose en la disponibilidad de información sobre las **eficiencias de los procesos de tratamiento**, que permitan realizar una **evaluación inicial detallada** del producto.
5. Cálculo de **la tasa de reciclabilidad y valorizabilidad** empleando las fórmulas indicadas en la norma (en porcentaje en masa).

Paso 4/ **Recopilación de la información necesaria y ensayos**

Una vez seleccionado la(s) norma(s) más relevantes para el aspecto y producto a evaluar, y analizado ésta, se debe proceder a recoger la información requerida por la norma para poder aplicar el método propuesto.

En este caso práctico, la información recopilada para cada norma se indica a continuación.

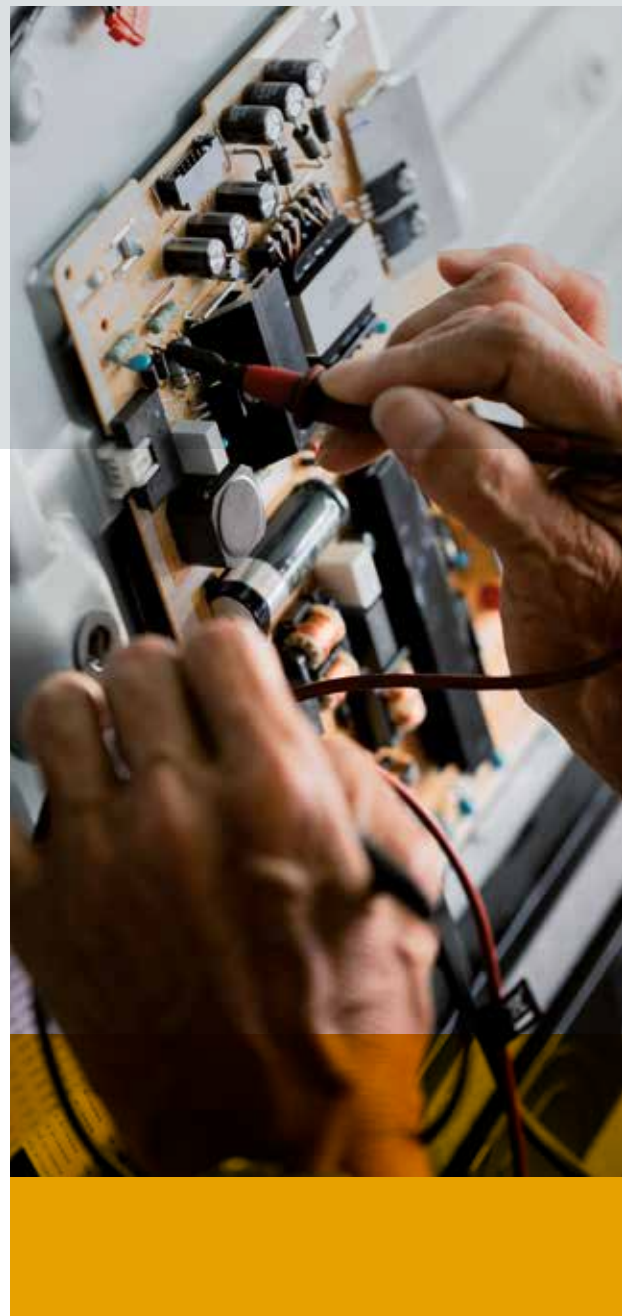
UNE-EN 45552:2021.- Durabilidad

En ese caso, se ha buscado información bibliográfica sobre el producto en los siguientes aspectos:

- Vida media del producto.
- Condiciones de operación del equipo y funcionalidades del mismo.
- Posibles efectos externos que pueden afectar a la operación del equipo (temperatura, etc.).
- Componentes con mayores tasas de fallos.
- Modos de fallo más comunes y mecanismos de fallo.
- Recomendaciones de diseño para alargar la vida útil del equipo.

Las fuentes de información incluyen:

- Información sobre el producto (fichas técnicas, etc.).
- Manuales de los equipos.
- Estudios sobre durabilidad de los equipos (Estudios preparatorios de la Comisión, JRC, etc.).
- Webs de reparación de equipos.



En un caso con un producto real, estas fuentes de información se podrían ampliar a consultas con los suministradores (tasas de fallo, etc.), ensayos de laboratorio, bases de datos de fallos de componentes, etc.

UNE-EN 45554:2020.- Reparabilidad

En este caso se ha buscado información bibliográfica sobre el producto en los siguientes aspectos:

- Partes prioritarias para la reparabilidad (piezas con mayor tasa de fallo y necesidad de reemplazo).
- Posibles criterios de valoración del potencial de reparación para productos similares (por ejemplo, tipo de uniones, herramientas necesarias, disponibilidad partes de recambio, etc.).
- Recomendaciones de diseño para aumentar el potencial de reparación para productos similares.

Las fuentes de información incluyen:

- Información sobre el producto (fichas técnicas, etc.).
- Manuales/videos de reparación de los equipos.
- Estudios sobre reparabilidad de los equipos (Estudios preparatorios de la Comisión, JRC, etc.).
- Estudios sobre fallos más comunes en lavadoras.
- Webs de piezas de recambio para lavadoras.

Como se ha comentado, en un caso real, el disponer de los planos de diseño del equipo y poder realizar pruebas de desmontaje sobre el mismo, facilitaría el análisis.

UNE-EN 45555:2020.- Reciclabilidad

En este caso se ha buscado información bibliográfica sobre el producto en los siguientes aspectos:

- Tipos de materiales incluidos en el producto (BOM). Esto permite identificar qué componentes/materiales pueden tener mayor potencial de cara al reciclado (mayor peso, monomaterial, etc.).
- Posible contenido en sustancias peligrosas (componentes donde se pueden encontrar, etc.).
- Procesos de reciclado para el producto y sus materiales/componentes (tipos, eficiencia del proceso, grado de implantación, etc.).
- Escenario actual de fin de vida del producto (requerimientos regulación RAEE, etc.).
- Partes a separar durante el proceso de descontaminación del producto al final de su vida útil (por ejemplo, circuitos electrónicos, etc.) y su ubicación en el producto.
- Posibles incompatibilidades entre materiales de cara al reciclado.
- Estadísticas escenarios de reciclado y tratamiento RAEEs (para la familia de productos considerada).

Las fuentes de información incluyen:

- Información sobre el producto (fichas técnicas, etc.).
- Manuales/videos de desmontaje de los equipos.
- Estudios sobre reciclabilidad de los equipos (Estudios preparatorios de la Comisión, JRC, etc.).
- Sistemas de Gestión RAEEs.
- Publicaciones técnicas sobre reciclado de materiales y RAEEs.

Como se ha comentado, en un caso real, el disponer de los planos de diseño del equipo y poder realizar pruebas de desmontaje sobre los componentes a extraer en la etapa de descontaminación, facilitaría el análisis.

Paso 5/ **Análisis del producto y evaluación**

Una vez recopilada la información necesaria para aplicar la respectiva Norma, se debe proceder al **análisis del producto** tal como se especifica en la propia Norma.

Como se ha indicado en los apartados anteriores, en este caso práctico, al no disponer de toda la información necesaria, se desarrollarán evaluaciones simplificadas en algunos casos.

Una vez obtenidos los resultados de los análisis, éstos deben **evaluarse** en función del objetivo del estudio, por ejemplo, mejora de producto, análisis de sus componentes, comparativa entre productos, comunicación clientes, etc.

A continuación se presenta el análisis y la evaluación para cada uno de los aspectos identificados.

UNE-EN 45552:2021.- Durabilidad

A continuación se realiza una primera aproximación de cómo se podría enfocar un estudio de durabilidad de una lavadora siguiendo la norma indicada. Se debe considerar como una primera reflexión, basada en fuentes bibliográficas, y en ningún caso se debe considerar como definitiva o exhaustiva, ya que no se dispone de información directa de fabricantes ni se ha desarrollado la norma específicamente para lavadoras.

A. Análisis inicial de la funcionalidad del equipo

La función principal del equipo es la limpieza de ropa sucia mediante mecanismos físicos (térmicos y mecánicos), químicos (agua, detergente, etc.) y tiempo, así como su enjuague y extracción de humedad por centrifugado.

Esta función principal se consigue mediante funciones secundarias, como podrían ser:

- Gestión de la temperatura de lavado.
- Gestión del movimiento mecánico del tambor.
- Gestión del aporte de agua.
- Gestión del aporte de detergente y suavizante.

- Gestión del tiempo de operación.
- Gestión de la información al usuario (pantalla, códigos de error, etc.).
- Mecanismos de seguridad y autodiagnóstico.

Estas funciones secundarias se proporcionan a través de sistemas de control electrónico y componentes electromecánicos (motor, bomba, resistencia, tambor, panel de control, etc.).

La combinación de dichas funciones secundarias permite al usuario el uso de diferentes programas de lavado, en función del tipo de ropa, etc.

B. Identificación de las condiciones de operación y elementos de estrés

Las tablas siguientes resumen las condiciones de operación estimadas para el equipo **Tabla 12** y algunas posibles condiciones de estrés **Tabla 13**, que pueden conducir al fallo del equipo.

Condición	Tipo	Rango	Comentario
Temperatura de uso	Ambiental	0 °C y +40°C.	El frío o el calor extremo pueden dañar el equipo o los accesorios. Asimismo, las bajas temperaturas pueden producir la congelación del agua, impidiendo el buen funcionamiento del equipo.
Temperatura de almacenamiento	Ambiental	-10 °C y +50 °C	El frío o el calor extremo pueden dañar el equipo o los accesorios.
Humedad	Ambiental	Menos de 85% humedad relativa	Entornos con una humedad alta puede dañar el equipo o los componentes, especialmente los eléctricos/electrónicos.
Estanqueidad	Ambiental	Sin requerimientos respecto resistencia a líquidos o polvo	No diseñado de forma estanca, por lo que el contacto con líquidos o partículas sólidas puede dañar el equipo, especialmente los eléctricos/electrónicos.
Entorno	Ambiental	Uso doméstico en interiores	No diseñado para soportar ambientes industriales (polvo, contaminantes ambientales, ambientes inflamables, etc.) o de exteriores (lugares húmedos o expuesto directamente al sol).
Horas de funcionamiento	Operación	Según programas y uso del equipo	Se estiman en el estudio 220 ciclos al año, con una duración media de ciclo de 1,5 horas.
Alimentación eléctrica	Operación	Tensión nominal 220 - 240V Frecuencia nominal 50 Hz	Una corriente superior puede dañar el equipo. Una corriente inferior producirá un mal funcionamiento del equipo.
Alimentación de agua	Operación	Presión del agua de 0,1 a 1,0 MPa. Caudal del agua superior a 5 L/min.	Una presión de entrada superior puede dañar el equipo. Una presión o caudal inferior producirá un mal funcionamiento del equipo.
Campos electromagnéticos	Operación	Valores según normas EN 55014 y EN 61000	Puede sufrir interferencias de equipos eléctricos como hornos microondas, cargadores batería, etc.

Tabla 12.- Ejemplos de condiciones de operación del equipo.

Función de estrés	Tipo	Rango	Comentario
Alta temperatura	Ambiental	Superior a +40°C	Puede dañar el equipo por sobrecalentamiento. Puede provocarse por unas condiciones ambientales de temperaturas altas o exposición directa al sol.
Baja temperatura	Ambiental	Inferior a 0°C	Puede hacer que el equipo no opere correctamente, al producir la congelación del agua.
Alta humedad	Ambiental	Superior a 85% HR	Puede provocar el fallo de algún componente electrónico interno por condensación de la humedad.
Contacto con líquidos	Ambiental	-	El contacto con vertido externo de líquidos puede dañar los circuitos internos, provocando cortocircuito.
Golpes	Mecánico	-	Golpes externos pueden dañar los materiales exteriores y provocar que ciertos componentes internos se separen o desuelden.
Vibraciones	Mecánico	-	Las vibraciones externas o las provocadas por el propio equipo pueden provocar que ciertas partes se desajusten o se desuelden, provocando el mal funcionamiento del equipo.
Sobretensiones	Eléctrico	-	Una sobretensión puede provocar daños en el equipo, que puede ser producida por fallo eléctrico de la instalación o por fallo de algún componente (fusible, etc.).
Campos electromagnéticos	Eléctrico	-	La exposición a campos electromagnéticos puede provocar el mal funcionamiento de los componentes electrónicos del equipo.
Sobrecalentamiento	Térmico	-	La falta de disipación térmica o el mal control de la temperatura puede producir el sobrecalentamiento de algún componente y provocar su fallo (por ejemplo, circuitos electrónicos, motores, etc.).

Tabla 13.- Ejemplos de condiciones de estrés del equipo.

C. Identificación mecanismos o modos de fallos, y componentes

El objetivo de este apartado es realizar una identificación inicial de los posibles mecanismos o modos de fallos y el componente/s asociado/s al equipo que lo puede provocar.

La **Tabla 14** resume dicha identificación preliminar a modo de ejemplo. No pretende ser un análisis completo como indica la norma de referencia EN 60812, ya que dicho estudio requiere de información más detallada del equipo.

Algunos de los mecanismos de fallo indicados se podrían desarrollar más, como por ejemplo “Fallo del controlador”, que podría dividirse por ejemplo en “fallo de componente (condensador, resistencia, circuito integrado, etc.)”, “fallo soldadura componentes”, “fallo programación controlador”, etc.

Para la identificación de los componentes con mayor tasa de fallo en las lavadoras se ha realizado una búsqueda bibliográfica.

El siguiente listado muestra las piezas de recambio que los fabricantes están obligados a poner a disposición de reparadores profesionales o en algunos casos, del público en general (por tanto, partes con más probabilidad de fallo), que aparece en el Reglamento (UE) 2019/2023, asociado a la Directiva de Ecodiseño.

- motor y escobillas del motor,
- transmisión entre el motor y el tambor,
- bombas,
- amortiguadores y muelles,
- tambor de lavado, cruceta del tambor y sus rodamientos de bolas relacionados (por separado o en conjunto),
- resistencias y elementos calentadores, incluidas las bombas de calor (por separado o en conjunto),
- tubos y elementos relacionados, incluidas las distintas mangueras, las válvulas, los filtros y los sistemas antifugas (por separado o en conjunto),
- circuitos impresos,
- indicadores visuales electrónicos,
- interruptores de presión,
- termostatos y sensores,
- software y firmware, incluido el software de reinicio;

Considera también:

- puerta, bisagra y juntas de la puerta, otro tipo de juntas, montaje del cierre de la puerta y elementos auxiliares de plástico, como el distribuidor de detergente.

Por otra parte, otras referencias indican los resultados de un análisis de posibles fallos de las lavadoras, basado en 6672 servicios de reparación en que se detectó un fallo en lavadoras (base de datos proporcionada por R.U.S.Z. en el periodo 2009-2015).

El estudio refleja que el mayor número de fallos detectados van asociados a los componentes electrónicos, seguido de los sistemas antivibración (amortiguadores y cojinetes), la puerta, las escobillas motor y las bombas, componentes ya incluidos en el listado anterior.

Este análisis ya proporciona una primera visión de los componentes que deberían considerarse como prioritarios para facilitar su sustitución durante la reparación del equipo, o que debería mejorar su durabilidad (mejor diseño y selección de materiales) para evitar dichos fallos.

Fuente afectada	Tipo	Modo de fallo	Mecanismo de fallo	Componente asociado
Temperatura de lavado	Secundaria	No se alcanza la temperatura deseada	Fallo del controlador	Placa electrónica
			Resistencia dañada o con calcificación	Resistencia
			Fallo del termostato	Termostato
			En el caso de lavadoras con entrada directa de agua caliente, fallo de la misma (bloqueo entrada, fallo fuente externa de calentamiento, etc.)	Aporte agua caliente
Movimiento mecánico del tambor	Secundaria	El tambor no gira	Fallo del controlador	Placa electrónica
			Fallo del motor (escobillas gastadas, fallo condensador, etc.)	Motor
			Fallo en los rodamientos o correa transmisión con el motor	Rodamientos / Correa transmisión
			Desequilibrado del tambor por fallo amortiguadores, etc.	Amortiguadores / cojinetes
Aporte de agua	Secundaria	No entra agua	Falta de aporte externo de agua	Red externa de agua
			Obstrucción entrada de agua	Filtro de entrada o grifo de aporte
			Rotura o bloqueo manguera entrada	Manguera entrada agua
			Mal funcionamiento electroválvula reguladora, por bloqueo o daño	Electroválvula entrada agua
			Fallo del presostato	Presostato
			Fallo del controlador	Placa electrónica
Aporte de detergente y suavizante	Secundaria	Aporte inadecuado de detergente	Fallo del controlador	Placa electrónica
			Bloqueo del dispensador por objetos o suciedad	Dispensador detergente
Tiempo de operación	Secundaria	Tiempo de operación inadecuado	Fallo del controlador	Placa electrónica
Información al usuario	Secundaria	Incorrecta información al usuario	Fallo del controlador	Placa electrónica
			Pantalla inoperativa por daño o rotura	Display
			Mala conexión	Cables y conectores
Mecanismos de control y autodiagnóstico	Secundaria	Fuga de agua	Sensor de nivel agua en tambor no opera	Sensor de nivel agua tambor
			Válvula aporte de agua no cierra	Válvula control agua
			Bomba de desagüe no actúa	Bomba desagüe
			Daño en la manguera de desagüe	Manguera de desagüe
Todas	Primarias y secundarias	Equipo no enciende	Falta de corriente eléctrica externa	Alimentación eléctrica
			Mala conexión al equipo o daño cable	Enchufe / Cable de alimentación
			Botón de encendido / apagado no funciona	Botón de encendido / apagado

Tabla 14.- Posibles mecanismos y modos de fallo identificados en el equipo.

D. Posibles métodos acelerados para evaluar la durabilidad

La cuantificación de la durabilidad del equipo se debería realizar, según la norma de referencia, de acuerdo a métodos acelerados o modelos de daño apropiados.

Estos ensayos están fuera del alcance de este caso práctico. Sin embargo, se han identificado algunas referencias bibliográficas que pretenden definir un método estándar de evaluación de la durabilidad de las lavadoras, como por ejemplo:

- Proyecto PROMPT – Premature Obsolescence Multi-Stakeholder Product Testing Programme (<https://prompt-project.eu/>). En desarrollo.
- Durability of washing machines under real life conditions: Definition and application of a testing procedure. Rainer Stamminger, Alexander Bues, Felice Alfieri, Mauro Cordella. Journal of Cleaner Production 261 (2020) 121222.
- Durability assessment of products: analysis and testing of washing machines. Final report for Task 3 of the AA N. 070201/2015/SI2.719458/ENV.A.1. Felice Alfieri, Mauro Cordella (JRC Sevilla) Rainer Stamminger, Alexander Bues (University of Bonn). 2018.

Una primera estimación de la fiabilidad del equipo se podría realizar empleando bases de datos de fiabilidad de los diferentes componentes indicados con anterioridad, y tratar dichos datos estadísticamente para evaluar el global del producto.

El resultado final, en un caso real y con la información necesaria, nos debería proporcionar resultados sobre la durabilidad del producto, expresada en unidades apropiadas para la parte o el producto en cuestión, por ejemplo, tiempo de calendario, ciclos de operación, etc.

Por su parte, la fiabilidad se puede expresar como una unidad combinada con una probabilidad, por ejemplo, como la probabilidad de fallo o supervivencia o tiempo hasta fallo (TTF).

El usuario debe especificar las unidades más apropiadas en cada caso, en función del producto analizado y los objetivos del estudio.

E. Análisis de aspectos de diseño que puedan aumentar la durabilidad del equipo

Se han consultado diferentes fuentes bibliográficas para identificar posibles aspectos de diseño que pueden aumentar la durabilidad del equipo.

La tabla siguiente resume los diferentes aspectos considerados. No pretende ser una lista exhaustiva de aspectos de diseño, sino una lista de ejemplo de posibles aspectos que pueden ser relevantes.

Los aspectos de diseño no tienen por qué ser independientes unos de otros, y pueden estar relacionados. Por otra parte, un aspecto que mejore la durabilidad puede afectar negativamente otros aspectos, como reciclabilidad o reparabilidad.

Nivel	Aspecto de diseño	Comentarios
Componente	Mayor capacidad de reparación / sustitución de los componentes con mayor tasa de fallo (circuitos electrónicos, amortiguadores / cojinetes, escombros motor, etc.).	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 (amortiguadores, etc.).	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.	La durabilidad de la lavadora está influenciada por las condiciones de uso y del mantenimiento del equipo. El usuario debe estar informado de las operaciones a evitar (sobrecarga, objetos extraños, etc.) y de las operaciones de mantenimiento a realizar (limpieza filtros, etc.).
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.).	La fiabilidad de las partes plásticas que sufren mayor desgaste (mangueras, cierres, 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.	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 sustancias 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.	Si se trata de componentes eléctricos / electrónicos, puede dificultar la disipación térmica de los mismos y dificultar su reparación si es necesaria.
Componente	Incluir sensores de temperatura, vibración, líquidos, etc. que detecten desviaciones en estos parámetros claves y puedan actuar reduciendo el riesgo de daño sobre el equipo.	El objetivo es alertar sobre dichas desviaciones y poder actuar antes de que produzcan daño sobre los componentes o el equipo.
Componente	Inclusión de protecciones contra sobretensiones.	Incluir parte débil fácil de sustituir (como fusibles) que se dañe en caso de sobretensión, sin afectar al resto de componentes electrónicos.
Componente	Emplear redundancia en aquellas partes que puedan provocar un fallo grave del equipo.	Por ejemplo, empleo de mangueras coaxiales, que permitan la rotura del tubo interior, sin que se produzca la fuga al exterior. El mismo concepto se puede emplear para sensores críticos, el fallo del cual produzca un fallo o mal funcionamiento grave del equipo (sensores de temperatura, etc.).

Tabla 15.- Algunos aspectos de diseño que pueden mejorar la durabilidad del equipo.

UNE-EN 45554:2020.- Reparabilidad

A continuación se analiza el potencial de reparabilidad del producto seleccionado, intentando seguir en la medida de lo posible los pasos indicados en la citada norma.

Como en el caso anterior, se basa en fuentes bibliográficas y no debe entenderse como un análisis completo, ya que no se han podido realizar pruebas reales con un producto, ni se disponen de datos primarios.

A. Identificación de las partes prioritarias

El primer paso es identificar las partes prioritarias para la reparación, reutilización o actualización, por orden de preferencia. Lo que determina una parte prioritaria es:

- la probabilidad de la necesidad de reemplazar o actualizar la pieza,
- la idoneidad de la pieza para su reutilización, y
- la funcionalidad de la pieza.

La norma indica criterios a tener en cuenta para cada aspecto analizado (reparación, reutilización y actualización).

Esta determinación en este caso práctico se ha realizado basándose en la información recogida de fuentes bibliográficas sobre aquellas partes que habitualmente son objetivo en las operaciones de reparación de las lavadoras, y como indica la norma, del estudio preliminar de durabilidad que se ha realizado previamente al producto, siguiendo la norma UNE-EN-45552:2021.

Las partes prioritarias identificadas en el citado estudio, basándose principalmente en los requisitos del Reglamento (UE) 2019/2023, han sido:

Lista 1:

- motor y escobillas del motor,
- transmisión entre el motor y el tambor,
- bombas,
- amortiguadores y muelles,
- tambor de lavado, cruceta del tambor y sus rodamientos de bolas relacionados (por separado o en conjunto),
- resistencias y elementos calentadores, incluidas las bombas de calor (por separado o en conjunto),
- tubos y elementos relacionados, incluidas las distintas mangueras, las válvulas, los filtros y los sistemas antifugas (por separado o en conjunto),
- circuitos impresos,
- indicadores visuales electrónicos,

- interruptores de presión,
- termostatos y sensores,
- software y firmware, incluido el software de reinicio;

Lista 2:

- puerta, bisagra y juntas de la puerta,
- otro tipo de juntas,
- montaje del cierre de la puerta,
- elementos auxiliares de plástico, como el distribuidor de detergente.

Por otra parte, analizando el **índice de reparabilidad** implantado en Francia¹⁰, en el caso de las **lavadoras de carga frontal**, las partes consideradas como críticas por su posible rotura o malfuncionamiento (Lista 2) serían:

- junta de la ventana de la puerta,
- montaje del cierre de la puerta,
- bombas,
- resistencia y elementos calefactores,
- circuitos impresos.

También considera las siguientes partes funcionales (Lista 1) como relevantes de cara a la reparabilidad del producto:

- motor y las escobillas del motor,
- transmisión entre el motor y el tambor,
- amortiguadores y muelles,
- tambor de lavado, cruceta del tambor y los rodamientos asociados,
- tubos y elementos relacionados, incluidas las distintas mangueras, las válvulas, los filtros y los sistemas antifugas,
- indicadores visuales electrónicos,
- interruptores de presión,
- termostatos y sensores,

10 <https://www.indicereparabilite.fr/grilles-de-calcul/>

- software y firmware, incluido el software de reinicio,
- puerta, bisagra y juntas de la puerta.

Como se puede apreciar, las dos listas son muy similares, ya que el índice de reparabilidad francés está alineado con el reglamento.

Analizando estudios de tasas de fallos de dichas partes (ver sección previa de durabilidad), se han identificado las siguientes partes como las de mayor frecuencia de fallos:

- componentes electrónicos/circuitos impresos,
- sistemas antivibración (amortiguadores y cojinetes/muelles),
- la puerta (y sus componentes),
- las escobillas del motor,
- las bombas (de desagüe, etc.),

La lista de componentes es similar a la Lista 2 del índice de reparabilidad francés, solamente diferenciándose en las “Resistencia y elementos calefactores”.

B. Identificación de los criterios y categorías aplicables que sean relevantes

El objetivo de esta sección es identificar un sistema preliminar de criterios y categorías aplicables relevantes para evaluar las partes y el equipo en global.

Esta identificación se ha basado en los criterios indicados en la norma UNE EN 45554 y en el índice de Reparabilidad francés para lavadoras, y se han considerado las características propias del equipo evaluado.

Los criterios propuestos a evaluar para el producto analizado y/o para sus partes relevantes son los siguientes:

1. Intensidad de desmontaje.
2. Tipos de sujeciones y conectores.
3. Tipos de Herramientas.
4. Entorno de trabajo.
5. Nivel de habilidad.
6. Apoyo diagnóstico e interfaces.
7. Disponibilidad de las partes de repuesto.
8. Información sobre reparación y mantenimiento del producto.
9. Opciones de retorno.



A continuación se analizan cada una de ellas aplicadas, a modo de ejemplo, a los **componentes electrónicos/circuitos impresos**.

Al no poderse realizar una prueba de desmontaje con un equipo real, se ha trabajado con videos explicativos existentes en internet (por ejemplo <https://www.youtube.com/watch?v=FBsXt6fz6Xk>).

En un caso real, las pruebas de desmontaje etc. se tendrían que realizar directamente con el producto analizado.

1. Intensidad de desmontaje.- Analiza el número de etapas requeridas (DDI) para retirar una parte de un producto sin dañarlo.

Se entiende como etapa aquella operación que termina con la retirada de una parte y/o con un cambio de herramienta.

Como referencia de puntuación se ha seleccionado la propuesta en el índice de reparabilidad francés, que sería:

Valor	Índice Referencia
0	NA o $DDI \geq 19$
1	$19 > DDI \geq 13$
2	$13 > DDI \geq 7$
3	$7 < DDI$

Analizando el video de referencia, para la placa electrónica ubicada en el panel de control, se estiman 4 DDIs, y por tanto el valor en este caso sería de 3.

- Apertura panel de control con destornillador (sujeciones de plástico).
- Retirada de los conectores de la placa (x9) con destornillado y alicates.
- Desatornillar la placa del panel (x4 tornillos) con destornillador.
- Extracción del módulo de la placa electrónica.

- 2. Tipos de sujeciones y conectores.-** 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.

En este caso se adoptan los criterios indicados en la norma y la puntuación propuesta en el índice francés, que sería:

Valor	Índice Referencia
0	Ni retirable ni reutilizable
1	Retirable, pero no reutilizable
2	Retirable y reutilizable

En nuestro caso, al tratarse de clips, conectores y tornillos, se considera que los tres son retirables y reutilizables, y por tanto la puntuación para todos ellos sería de 2.

En el caso de que estuviera pegado, soldado, etc., el valor sería 1 ó 0, dependiendo del tipo.

- 3. Tipos de Herramientas.-** Analiza el tipo de herramientas necesarias para realizar las operaciones de reparación del equipo, analizando las piezas a substituir.

Los criterios considerados son los indicados en la norma y en el índice de reparabilidad francés. En concreto serían:

Valor	Índice Referencia
0	No viable con ninguna herramienta existente
1	Viable con herramientas exclusivas
2	Viable con herramienta específica del grupo de productos
3	Viable: • Sin uso de herramienta; • Con herramientas suministradas con el producto o recambio; • Con herramienta básica (Tabla A3 norma EN45554:2020).

En nuestro caso, al tratarse de destornillador y alicate, se consideran herramientas básicas y por tanto la puntuación sería de 3.

Cabe mencionar que el Reglamento de Ecodiseño de lavadoras ya indica que las piezas de recambio mencionadas en el mismo deben poderse substituir empleando herramientas corrientes.

- 4. Entorno de trabajo para la reparación.-** Analiza el entorno necesario para realizar la reparación/reutilización del equipo, y el nivel de especialización necesario para la realización de las operaciones en un entorno seguro y con los equipos necesarios.

Valor	Índice Referencia
0	Entorno equivalente a producción
1	Entorno del taller
2	Entorno de uso

En nuestro caso, se considera que la reparación se debe realizar en entorno de taller, y por tanto el valor sería de 1.

- 5. Nivel de habilidad.-** Analiza la habilidad necesaria de la persona que ha de realizar la reparación del equipo, incluyendo la aptitud para identificar y localizar el defecto, el manejo de herramientas de forma segura y gestión de riesgo sobre el producto, medio ambiente y el operador.

Valor	Índice Referencia
0	No viable con una habilidad existente
1	Fabricante o experto autorizado
2	Experto
3	Generalista
4	Aprendiz

En nuestro caso, se considera que el perfil necesario sería generalista, y por tanto la puntuación sería de 3.

- 6. Apoyo de diagnóstico e interfaces.-** Analiza el tipo de interfaces disponibles en el producto para realizar el diagnóstico y detección de fallos, actualización de software y firmware, restablecimiento de modos de defecto y configuración de fábrica.

Valor	Índice Referencia
0	No es posible con ningún tipo de interfaz
1	Interfaz exclusiva
2	Interfaz de hardware/software disponible públicamente
3	Interfaz codificada con una tabla de referencia pública
4	Interfaz intuitiva

En nuestro caso se considera que la interfaz es exclusiva, y por tanto la puntuación sería de 1.

- 7. Disponibilidad de las partes de repuesto.-** Analiza la disponibilidad de las partes de repuesto consideradas como relevantes. En este caso puede haber varios enfoques posibles:

- a) Referente al perfil de las personas que tienen acceso a dichas partes.
- b) Referente al tiempo que dichas partes estarán disponibles en el mercado.

A continuación se analizan dichos aspectos para la parte analizada (placa electrónica/circuitos impresos).

a) Perfil de las personas con acceso a las partes de repuesto

En este caso se puede evaluar considerando por ejemplo los siguientes valores:

Valor	Índice Referencia
0	No hay disponibilidad de partes de repuesto
1	Sólo están disponibles para el fabricante
2	Están disponibles para proveedores de servicios de reparación autorizados
3	Están disponibles para proveedores de servicios de reparación independientes
4	Están disponibles para el público en general

En nuestro caso se considera que este tipo de piezas están disponibles únicamente para reparadores autorizados, tal como marca el reglamento de ecodiseño de lavadoras, y por tanto el valor sería 2.

b) Tiempo de disponibilidad de las partes de repuesto

En este caso se ha considerado los valores indicados en el índice de reparabilidad francés, para tener un rango de años de referencia para el producto. La norma UNE-EN 45554, sólo indica periodos de tiempo genéricos asociados a la durabilidad del producto:

Valor	Índice Referencia
0	No hay información o plazo muy corto ($X < 10$ años)
1	Disponibilidad a corto plazo ($10 \text{ años} \leq X < 12 \text{ años}$)
2	Disponibilidad a medio plazo ($12 \text{ años} \leq X < 14 \text{ años}$)
3	Disponibilidad a largo plazo ($X \geq 14 \text{ años}$)

En el caso de las lavadoras, este plazo viene fijado por el Reglamento de ecodiseño, que indica un plazo mínimo de 10 años tras la introducción en el mercado de la última unidad de un modelo (por ello se asigna el valor 0, ya que sería requerimiento legal).

Se considera que en nuestro caso sólo se cumpliría el requerimiento legal (valor 0).



8. Información sobre reparación y mantenimiento del producto.- Analiza el tipo y la disponibilidad de información sobre estos aspectos. En este caso puede haber varios enfoques posibles:

- a) Referente a la exhaustividad de la información.
- b) Referente al grupo objetivo de dicha información.

A continuación se analizan dichos aspectos para el producto.

a) Exhaustividad de la información disponible

En este caso se puede evaluar considerando por ejemplo los siguientes valores, de acuerdo a la norma UNE-EN 45554:

Valor	Índice Referencia
0	Información no disponible
1	Información básica disponible
2	Información exhaustiva disponible

Sin embargo, para las lavadoras, el reglamento (UE) 2019/2023 de ecodiseño, ya se fija la información a poner a disposición por parte de los fabricantes. En concreto indica que:

la información sobre reparación y mantenimiento de lavadoras domésticas o lavadoras-secadoras domésticas a que se refiere la letra a) contendrá lo siguiente:

- *identificación inequívoca de la lavadora doméstica o la lavadora-secadora doméstica,*
- *esquema de desmontaje o vista explosionada,*
- *manual técnico de instrucciones para la reparación,*
- *lista del equipo necesario para la reparación y el ensayo,*
- *información sobre componentes y diagnóstico (por ejemplo, valores teóricos mínimos y máximos para las mediciones),*
- *esquemas de cableado y conexiones,*
- *códigos de error y avería para el diagnóstico (incluidos, en su caso, los códigos específicos del fabricante),*
- *instrucciones para la instalación del software y el firmware pertinentes, incluido el software de reinicio del aparato,*

— información sobre el modo de acceder a los registros de los datos relativos a los fallos notificados y almacenados en la lavadora doméstica o la lavadora-secadora doméstica (en su caso);

Se considera por tanto en este caso, que se pondrá a disposición únicamente la información requerida, y por tanto el valor sería de 0 (cumplimiento legal).

b) Referente al grupo objetivo de dicha información

En este caso, también el reglamento de ecodiseño fija el público objetivo mínimo a considerar, que serían los reparadores profesionales que se registren. Estos tendrán que demostrar una serie de criterios (competencia profesional, seguro, etc.) antes de ser autorizados y tendrán que hacer frente a posibles cánones.

Por tanto, los valores indicados en la norma UN EN-45554 se deberían replantear, por ejemplo de la siguiente forma:

Valor	Índice Referencia
0	Sólo para fabricantes o reparadores profesionales registrados
1	Disponible para reparadores profesionales sin necesidad de autorización ni canon
2	Disponible para el público en general, sin necesidad de autorización ni canon

Se considera en este caso que se pondrá a disposición únicamente de reparadores profesionales registrados y autorizados, y por tanto la puntuación sería 0 (cumplimiento legal).

9. Opciones de retorno.- Analiza las opciones que tiene el usuario para devolver el producto defectuoso, y así favorecer su reparación, reutilización o actualización.

En este caso la norma UNE EN 45554 propone las siguientes categorías:

Valor	Índice Referencia
0	Ninguna opción de retorno
1	Opciones de retorno básicas (punto de recogida)
2	Opciones de retorno exhaustivas (servicio de recogida, producto de sustitución, etc.)

En nuestro caso se considera que sería una opción de retorno básica y por tanto el valor sería 1.

Los criterios restantes indicados en la norma, como serían “Gestión de datos” y “Restablecimiento de contraseña y de fábrica”, se consideran poco relevantes para el producto analizado.

C. Evaluación del resultado final

De forma resumida, los resultados obtenidos para la parte y el producto analizado serían:

Criterio	Aplica	Valor obtenido	Valor máximo
Intensidad de desmontaje	Parte	3	3
Tipos de sujeciones y conectores	Parte	2	2
Tipos de Herramientas	Parte	3	3
Entorno de trabajo	Parte	1	2
Nivel de habilidad	Parte	3	4
Apoyo diagnóstico e interfaces	Parte	1	4
Disponibilidad de las partes de repuesto	Parte		
Perfil público objetivo	Parte	2	4
Tiempo disponibilidad	Parte	0	3
Información sobre reparación y mantenimiento	Producto		
Exhaustividad de la información	Producto	0	2
Perfil público objetivo	Producto	0	2
Opciones de retorno	Producto	1	2

Para calcular el valor global de potencial de reciclabilidad sería necesario:

- Asignar un factor de ponderación a las partes prioritarias evaluadas. En nuestro caso sería 1, ya que sólo hemos evaluado una parte, pero si se analizaran varias partes, se podría asignar un factor de ponderación en función de la relevancia de la parte con respecto a la reparabilidad.
- Asignar un factor de ponderación de la relevancia del criterio evaluado. Por ejemplo, se puede considerar más relevante disponer de piezas de repuesto, que por ejemplo el nivel de habilidad.

Por tanto, la puntuación global sería:

$$P = \sum (W_{pp} \times \sum (W_{i,pp} \times S_{i,pp})) + \sum W_j \times S_j$$

Donde

W_{pp} sería la ponderación total de la parte prioritaria pp .

W_i sería el factor de ponderación del criterio i valorado a nivel de parte prioritaria.

S_i sería la puntuación del criterio i valorado a nivel de parte prioritaria.

W_j sería el factor de ponderación del criterio j valorado a nivel de producto.

S_j sería la puntuación del criterio j valorado a nivel de producto.

En nuestro caso, hemos considerado a modo de ejemplo los siguientes valores:

$W_{pp} = 1$ (sólo consideramos una parte prioritaria).

Criterio	Aplica	S_i	W_i
Intensidad de desmontaje	Parte	3	0,2
Tipos de sujeciones y conectores	Parte	2	0,2
Tipos de Herramientas	Parte	3	0,1
Entorno de trabajo	Parte	1	0,05
Nivel de habilidad	Parte	3	0,05
Apoyo diagnóstico e interfaces	Parte	1	0,1
Disponibilidad de las partes de repuesto	Parte		
Perfil público objetivo	Parte	2	0,1
Tiempo disponibilidad	Parte	0	0,2
Información sobre reparación y mantenimiento	Producto		
Exhaustividad de la información	Producto	0	0,25
Perfil público objetivo	Producto	0	0,25
Opciones de retorno	Producto	1	0,5

Con esta puntuación y valores de ponderación, la puntuación total obtenida sería de 2,3.

Considerando que el máximo posible en este caso sería de 5, se considera que el potencial de reparabilidad del producto en su conjunto sería del 46%.

F. Análisis de aspectos de diseño que puedan afectar la reparabilidad del equipo

Se han consultado diferentes fuentes bibliográficas para identificar posibles aspectos de diseño que pueden aumentar la reparabilidad del equipo.

La tabla siguiente resume los diferentes aspectos considerados. No pretende ser una lista exhaustiva de aspectos de diseño, sino una lista de ejemplo de posibles aspectos que pueden ser relevantes.

La valoración de esa afectación se escala en tres niveles: Alta afectación del aspecto sobre la reparabilidad, media afectación o baja afectación.

Los aspectos de diseño no tienen por qué ser independientes unos de otros, y pueden estar relacionados. Por otra parte, un aspecto que mejore la reparabilidad puede afectar negativamente otros aspectos, como durabilidad o reciclabilidad.

Nivel	Aspecto de diseño	Valoración			Comentarios
		Alta	Media	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.
Componente	Mayor accesibilidad a los componentes con mayor tasa de fallo (circuitos electrónicos, amortiguadores/cojinetes, escobillas motor, etc.).	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.
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.

Tabla 16.- Algunos aspectos de diseño que pueden afectar la reparabilidad del equipo.

UNE-EN 45555:2020.- Reciclabilidad

A continuación se analiza el potencial de reciclabilidad del producto seleccionado, intentando seguir en la medida de lo posible los pasos indicados en la citada norma.

Como en el caso anterior, se basa en fuentes bibliográficas y no debe entenderse como un análisis completo, ya que no se ha podido disponer de datos primarios para su desarrollo.

A. Definición y descripción del escenario de tratamiento de final de vida

El objetivo de esta sección es definir el escenario de fin de vida de la lavadora. Para ello, se deben considerar tres etapas:

1. Etapa de **recogida y retorno** de la lavadora, para identificar qué porcentaje de las lavadoras acaban en un proceso de reciclado/valorización.
2. Etapa de **reciclado/valorización** de la lavadora, donde se definen los diferentes procesos de recuperación de los diferentes materiales. Si se dispone de información, se debe indicar la eficiencia de cada proceso con respecto de cada material recuperado.
3. Etapa de **reciclado/valorización de las fracciones recuperadas** en la etapa anterior y si se dispone de la información, la eficiencia de dichos procesos (por ejemplo, plantas siderúrgicas para el acero recuperado, etc.).

La Figura 2 muestra el escenario de reciclado/valorización propuesto para la lavadora.

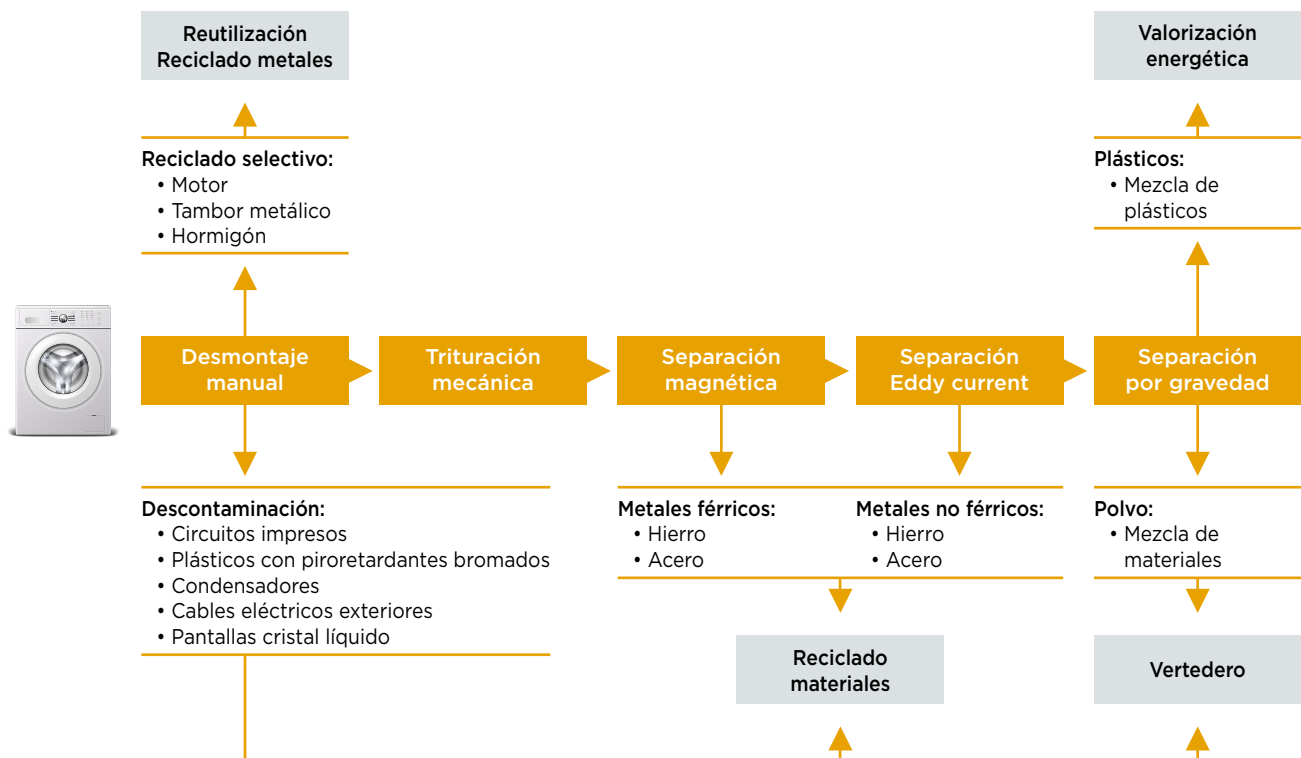


Figura 2.- Escenario reciclado/valorización.

La etapa de desmontaje manual debería incluir también el proceso de descontaminación a realizar a la lavadora de acuerdo a la normativa de tratamiento de RAEEs. En el caso de las lavadoras, y de acuerdo a la plataforma I4R, los componentes a separar serían:

- Condensadores que contengan policlorobifenilos (PCB).
- Condensadores electrolíticos que contengan sustancias de riesgo (altura > 25 mm, diámetro > 25 mm o volumen de proporciones similares).
- Tarjetas de circuitos impresos si la superficie de la tarjeta de circuitos impresos tiene más de 10 centímetros cuadrados.
- Plásticos que contengan materiales pirorretardantes bromados.
- Pantallas de cristal líquido (junto con su carcasa si procede) de más de 100 centímetros cuadrados de superficie y todas las provistas de lámparas de descarga de gas como iluminación de fondo.
- Cables eléctricos exteriores.

La última etapa del escenario propuesto sería el reciclado/valorización de las fracciones recuperadas en la etapa anterior. De acuerdo al estudio previo realizado, el destino más frecuente de estos materiales sería¹¹:

- El acero y el acero inoxidable se introducen en plantas siderúrgicas secundarias.
- El aluminio se introduce en fundiciones de aluminio secundarias.
- El cobre se introduce en refinerías de cobre.
- Las placas de circuitos impresos se introducen en fundiciones integradas para recuperar el cobre, los metales preciosos y otros metales como subproductos (por ejemplo, plomo, estaño, indio).
- Los plásticos se reciclan (recuperación de materiales de termoplásticos) o se incineran (recuperación de energía);
- El vidrio se destina al reciclaje de vidrio, cuando es factible, o bien se deposita en vertederos.
- El hormigón se valoriza junto con otros residuos de construcción y demolición.

B. Reglas específicas para la determinación de factores de reciclabilidad

Las reglas propuestas en la norma de referencia serían:

- Se debe asignar un valor de reciclabilidad/valorizabilidad “0” al material o parte que contiene sustancias que dificultan el reciclado o la valorización del material.
- Se debe asignar un valor de reciclabilidad/valorizabilidad “0” a la parte de masa que no pueda separarse, debido a que las uniones empleadas no permiten la separación en fracciones reciclables.
- Se debe asignar un valor de reciclabilidad/valorizabilidad “0” al material, cuando su combinación con recubrimientos o rellenos cumpla que:

¹¹ Joint Research Centre (JRC); egileak: Boyano et al., (2017)

- están intrínsecamente conectados,
- incompatibles con el reciclado o valorización del material.

Se podrían definir otras reglas específicas para el tipo de producto o de los materiales empleados, pero requerirían de un estudio en mayor profundidad del mismo, fuera del alcance de este caso práctico.

C. Selección evaluación simplificada o detallada

En función de la información disponible sobre la eficiencia de los procesos de reciclado/valorización incluidos en el escenario de fin de vida propuesto, se puede seleccionar una evaluación simplificada (los procesos tendrán un valor de 0 ó 1), o una valoración detallada, con un valor de eficiencia entre 0 y 1.

La norma permite una aproximación mixta, es decir, incluir solo los valores de eficiencia de los procesos que se conozcan, aplicando al resto el criterio simplificado.

Se debe también decidir si la evaluación se realizará de forma global a todo el producto o para partes o materiales específicos.

Los materiales con composición compleja, o de bajo peso, pueden englobarse en una familia genérica de “otros” y asignarles un valor de reciclabilidad/valorización de “0”.

En este caso práctico intentaremos hacer una evaluación detallada, para todo el producto. Las tablas siguientes indican los valores de eficiencia asignados a cada proceso considerado en el escenario de fin de vida de la lavadora. Se indican a modo de ejemplo, y deberían evaluarse de forma más precisa en un estudio detallado del producto.

Componentes	Material	Separación manual	Triturado	Separación magnética	Eddy current	Separación gravedad
Cabina	Acero	100%				
Tambor interno	Acero	100%				
Tambor externo	Carboran (PP)	100%				
Motor	Varios	100%				
Electrónica	Varios	100%				
Puerta	Vidrio		95%			97%
Cables	varios	50%	95%	90%	90%	97%
Otras partes metálicas	Acero		95%	90%		97%
Otras partes plásticas	PP / PVC		95%			97%
Otras partes plásticas	Goma / ABS		95%			97%
Contrapeso	Cemento	100%				

Componentes	Material	Reciclado motor	Reciclado electrónica	Metalurgia férricos	Metalurgia no-férricos	Reciclado Plásticos	Reciclado Cemento	Recuperación energía
Cabina	Acero			96%				
Tambor interno	Acero			96%				
Tambor externo	Carboran (PP)					82%		18%
Motor	Varios	82%						
Electrónica	Varios		80%		92%			
Puerta	Vidrio							
Cables	varios				92%			
Otras partes metálicas	Acero			96%				
Otras partes plásticas	PP					82%		18%
Otras partes plásticas	PVC					82%		18%
Otras partes plásticas	Goma					0%		95%
Otras partes plásticas	ABS					75%		25%
Contrapeso	Cemento						90%	

D. Cálculo de la tasa de reciclabilidad y valorizabilidad del producto

Una vez definido el escenario de reciclado/valorización, y la eficiencia de los procesos considerados, se puede evaluar la tasa de reciclabilidad y valorizabilidad del producto.

Basándose en el BOM del producto indicado en el Paso 1, se pueden clasificar los componentes y materiales e identificar su peso, tal como se muestra en la tabla siguiente:

Componentes	Material	Peso (kg)
Cabina	Acero	18
Tambor interno	Acero	8
Tambor externo	Carboran (PP)	10,5
Motor	Varios	8,25
Electrónica	Varios	1,34
Puerta	Vidrio	1,8
Cables	varios	0,63
Otras partes metálicas	Acero	0,84
Otras partes plásticas	PP	7,47
Otras partes plásticas	PVC	1,03
Otras partes plásticas	Goma	0,88
Otras partes plásticas	ABS	1,8
Contrapeso	Cemento	18,68
TOTAL		79,22

De acuerdo a la Norma UNE-EN 45555:2020, los índices de reciclabilidad y valorizabilidad se deben calcular en porcentajes de masa, empleando las siguientes fórmulas:

$$R_{cyc} = \frac{\sum_{k=1}^n (m_k \cdot R_{cyc,k})}{m_{tot}} \cdot 100 \% \quad R_{cov} = \frac{\sum_{k=1}^n (m_k \cdot R_{cov,k})}{m_{tot}} \cdot 100 \%$$

Donde

R_{cyc} es el índice de reciclabilidad del producto,

R_{cov} es el índice de valorizabilidad del producto,

n es el número de partes/materiales,

m_k es la masa de la parte/material k ,

$R_{cyc,k}$ es el factor de reciclabilidad de la parte/material k ,

$R_{cov,k}$ es el factor de valorizabilidad de la parte/material k ,

m_{tot} es la masa del producto completo.

La suma de las masas de las partes/materiales (k) ha de ser igual a la masa total el producto.

El factor de reciclabilidad completo para el material k en el escenario de fin de vida sería:

$$R_{cyc} = \prod_{1}^n (X_m)$$

Donde

X_m es la eficiencia de la etapa de tratamiento m para el material k .

n es el número de etapas de tratamiento.

Considerando estos valores, los índices de reciclabilidad/valorizabilidad para los diferentes materiales/ componentes serían:

Componentes	Material	Peso (kg)	Rcyc,k	Rcov,k
Cabina	Acero	18	96,0%	96,0%
Tambor interno	Acero	8	96,0%	96,0%
Tambor externo	Carboran (PP)	10,5	82,0%	100,0%
Motor	Varios	8,25	82,0%	82,0%
Electrónica	Varios	1,34	73,6%	73,6%
Puerta	Vidrio	1,8	92,2%	92,2%
Cables	varios	0,63	34,3%	68,7%
Otras partes metálicas	Acero	0,84	79,6%	79,6%
Otras partes plásticas	PP	7,47	75,6%	93,6%
Otras partes plásticas	PVC	1,03	75,6%	93,6%
Otras partes plásticas	Goma	0,88	0,0%	95,0%
Otras partes plásticas	ABS	1,8	69,1%	94,1%
Contrapeso	Cemento	18,7	90,0%	90,0%

Con estos valores, los índices de reciclabilidad/valorizabilidad globales del producto serían:

Rcyc= 86,3 % (índice de reciclabilidad del producto)

Rcov= 92,5 % (índice de valorizabilidad del producto)

Como se ha indicado, este caso es a modo demostrativo, dado que la eficiencia de los procesos se ha estimado. En un caso real, se debería realizar este análisis detallado, si es posible con datos primarios.

G. Análisis de aspectos de diseño que puedan aumentar la reciclabilidad del equipo y sus materiales

Se han consultado diferentes fuentes bibliográficas para identificar posibles aspectos de diseño que pueden afectar a la reciclabilidad del equipo y sus materiales.

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

Aspecto de diseño	Valoración			Comentarios
	Alta	Media	Baja	
Capacidad de identificación y retirada de componentes que tienen que separarse durante el proceso de descontaminación (por ejemplo, circuitos impresos, pantallas, cables, etc.).	x			Se debería suministrar información clara sobre los componentes que deben separarse durante el proceso de descontaminación de la lavadora (ubicación, forma de acceso, herramientas necesarias, etc.). Un ejemplo podrían ser los manuales de la Plataforma I4R ¹² . Debe facilitarse el acceso a dichas partes y su desmontaje (uniones, etc.).
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 (motor, cabina, tambor, 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.).
Capacidad de deshacer uniones para separar materiales compatibles con el proceso de reciclado considerado.		x		El desmontaje manual inicial está centrado en la recuperación de metales, con el mayor peso y pureza posible. Se debería analizar si existe la posibilidad de recuperar en esta etapa partes plásticas de gran peso, que podrían reciclarse fácilmente, y si las fracciones recuperadas son de materiales compatibles para el reciclado conjunto.
Uso de materiales compatibles con los procesos de reciclado en caso de combinación de materiales no separables.		x		Las fracciones metálicas obtenidas con el escenario de fin de vida propuesto presentará cierta mezcla de materiales. Parte de ellos se perderán en los procesos posteriores de fundición, etc., dependiendo del material objetivo (acero, cobre, etc.). Por ello, es importante mejorar en lo posible la eficiencia de los procesos de separación, para obtener las fracciones más puras posibles. Las fracciones plásticas irán mezcladas, y serán de difícil reciclado al final del proceso. Por ello, la importancia en este escenario de separar previamente aquellas partes plástica de gran peso y baja contaminación. Por otra parte, se debería intentar emplear el mismo tipo de plástico, y si esto no es posible, plásticos de diferente densidad que puedan separarse por flotación. En general, el plástico objetivo sería el polipropileno (PP).
Capacidad de acceder y retirar partes conteniendo materias primas críticas.		x		Se considera que los materiales críticos se concentran principalmente en los circuitos impresos y en los componentes electrónicos de los mismos. Por ello, el proceso de descontaminación previo puede favorecer esa separación selectiva y una mayor tasa de reciclado si se tratan de forma separada. Se debería suministrar información al reciclador de la ubicación y cantidad estimada de dichas materias en el producto, para facilitar su reciclado (rentabilidad económica, etc.).
Capacidad de acceder y retirar partes que reducen la reciclabilidad de acuerdo al escenario de fin de vida indicado.	x			Las partes que pueden contener sustancias peligrosas y que pueden dificultar el reciclado serían los plásticos y los circuitos impresos, que contengan retardantes de llama bromados. Estos materiales se deberían separar en el proceso de descontaminación del producto, y evitar así la contaminación de otras fracciones. Se debería suministrar información al reciclador sobre la ubicación de dichas partes, y como realizar su extracción.

Tabla 17.- Algunos aspectos de diseño que pueden mejorar la reciclabilidad del equipo.

¹² <https://i4r-platform.eu/>

Paso 6/ Propuestas estrategias de diseño

Una vez evaluado el producto, el siguiente paso sería analizar aquellos aspectos del diseño que pueden mejorarse para que el producto tenga una mejor valoración en el/los aspecto(s) de eficiencia de material evaluado(s) (durabilidad, reparabilidad, etc.). Posibles aspectos de diseño a mejorar serían tipos de uniones, accesibilidad de las partes a reciclar o reparar, etc.

Para este caso práctico se han seleccionado a modo de ejemplo las siguientes estrategias de mejora del diseño para aumentar la durabilidad del equipo, centrándose en los componentes que se han identificado con mayores tasas de fallo.

Se realiza la hipótesis que estas medidas podrían tener un efecto directo sobre la fiabilidad de los componentes, y se estima la cantidad de material necesario para conseguirlo.

- **Reducción de tasa de fallo en los circuitos impresos.-** Se considera que los fallos más frecuentes de los circuitos impresos se deben al sobrecalentamiento o al cortocircuito de los mismos, que pueden afectar a algún componente.

Por ello la propuesta de diseño considerada es la ampliación del área del circuito, que permita una mayor disipación y una mejor distribución de los componentes electrónicos en el mismo. Se estima un aumento de un 15% en la superficie del circuito, pasando de 300 cm² actuales a 345 cm².

- **Reducción de la tasa de fallo del motor.-** Se considera que el fallo más frecuente de los motores (aparte de fallos mecánicos o desgaste de las escobillas), sería el posible sobrecalentamiento o cortocircuito del mismo.



Para evitar estos fallos eléctricos, y al tiempo que se aumenta su fiabilidad, se propone aumentar la cantidad de cobre y aluminio (bobinado, etc.), Se ha considerado un aumento del 10% en el contenido de estos materiales.

- **Reducción de la tasa de fallo del tambor externo.-** Ciertos estudios indican que el cambio del tambor de plástico por uno de acero inoxidable puede aumentar la durabilidad del equipo y evitar también posibles fallos en las uniones metal/plástico. Esta medida es discutida por otras fuentes, que indican las ventajas del uso de plástico en este componente.

En todo caso, se analizará dicha alternativa, pasando de un tambor de polipropileno reforzado a otro de acero inoxidable.

- **Alargamiento vida útil.-** Se hace la hipótesis que con la aplicación de estas tres medidas, la vida útil del equipo se podría alargar en 660 usos (es decir unos tres años de vida útil equivalente), pasando así de 2.200 ciclos de lavado (10 años equivalentes de uso) a 2.860 ciclos de lavado (13 años equivalentes de uso).

Se deben entender estos valores como meros ejemplos para el caso práctico, y no deben ser considerados en ningún caso como valores de referencia para estudios posteriores.

Paso 7/ **Evaluación de las estrategias**

En este paso se deben evaluar las estrategias planteadas. A modo de ejemplo se evaluarán las tres planteadas, utilizando el método propuesto en la guía.

Los valores irían de 1 a 5, en función de su relevancia para los criterios planteados.

- **Viabilidad económica:**

- 1 (coste económico muy alto)
- 2 (coste económico alto)
- 3 (coste económico medio)
- 4 (coste económico bajo)
- 5 (sin coste económico)

En este caso, el enfoque puede ser doble:

- Coste económico del desarrollo de la estrategia (coste I+D+i). Se podría valorar considerando otros desarrollos similares y poner una referencia económica
- Coste económico de la estrategia implantada en el producto (coste de producción). Se podría valorar como porcentaje del coste de la implantación de la estrategia sobre el coste del producto, y fijar un escalado.

- **Tiempo de implementación de la estrategia:**

- 1 (más de 24 meses)
- 2 (entre 24 y 18 meses)
- 3 (entre 18 y 12 meses)
- 4 (entre 12 y 6 meses)

- 5 (menos de 6 meses)

• **Viabilidad Técnica:**

- 1 (requiere de nueva investigación y desarrollo externo)

- 2 (requiere de nueva investigación y desarrollo interno)

- 3 (requiere de innovación externa)

- 4 (requiere de innovación interna)

- 5 (puede implementarse directamente. Tecnología validada y en uso)

• **Potencial de mejora respecto a durabilidad del producto:**

- 1 (potencial de mejora muy bajo)

- 2 (potencial de mejora bajo)

- 3 (potencial de mejora medio)

- 4 (potencial de mejora alto)

- 5 (potencial de mejora muy alto)

En este caso se debería evaluar el grado de mejora de la durabilidad del producto para cada estrategia, y realizar un escalado en función de los resultados.

A modo de ejemplo se presenta a continuación los valores estimados para cada caso.

Estrategia	Viabilidad financiera	Tiempo de implementación	Viabilidad Técnica	Potencial de mejora	TOTAL
Aumento superficie Circuitos	4	4	4	3	15
Mayor contenido cobre/aluminio motor	3	5	5	3	16
Cambio tambor plástico por metálico	2	4	4	4	14

Tabla 18.- Tabla de evaluación de posibles estrategias.

La valoración total se puede hacer por suma directa de los valores (igualdad de relevancia de los cuatro aspectos) o mediante factores de ponderación (función de las prioridades de la empresa respecto a esos criterios).

Una vez seleccionadas aquellas estrategias más prometedoras, se debería definir cómo se implementarían (plan de trabajo, plazos, responsables, presupuesto, indicadores de seguimiento, etc.), tal como se indica en el Paso 8.

El aspecto de “Potencial de Mejora” respecto a la durabilidad se basa en una reevaluación de la fiabilidad del componente, y cómo esta mejora afecta a la durabilidad global del producto.

En este caso práctico, al no disponer de datos, se ha realizado una estimación muy preliminar. En un caso real, el fabricante dispondría de mayor información para poder realizar un estudio más detallado (simulaciones, etc.).

Paso 8/ **Plan de acción y evaluación resultados obtenidos**

Tal como indica la guía de referencia, se recomienda en este PASO definir un **Plan de Acción** para implementar y consolidar las estrategias y mejoras seleccionadas en el paso anterior, indicando acciones a realizar, responsable, plazo, presupuesto necesario e indicadores de desempeño a utilizar para evaluar la evolución de cada acción.

Una vez implementado el plan de acción, la guía recomienda realizar una **evaluación** de los resultados obtenidos en dos sentidos:

- Evaluación final del grado de mejora obtenido con la implantación de las actuaciones/estrategias, mediante la reevaluación del producto respecto a las normas analizadas, de cara a cuantificar la mejora real obtenida, desde un punto de vista de uso racional de los materiales.
- Evaluación con perspectiva de ciclo de vida (Análisis de ciclo de vida) para cuantificar la mejora obtenida desde un punto de vista de impacto ambiental.

En este segundo caso, se pretende relacionar las mejoras propuestas en aspectos de eficiencia de material con la cuantificación de la posible reducción del impacto ambiental del producto, empleando la metodología del **Análisis de Ciclo de Vida**.

A continuación se presentan los resultados comparativos del análisis de ciclo de vida simplificado que se ha realizado comparando la lavadora inicial, con la lavadora mejorada, que incluye las tres estrategias de mejora planteadas.

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA SIMPLIFICADO

Al tratarse de un ACV comparativo, no se han considerado aquellos aspectos no afectados directamente por estas estrategias, como sería el consumo eléctrico, etc., y se ha estimado que serían los mismos en los dos casos, si bien podría haber ciertas diferencias (posible menor consumo eléctrico del motor, etc.).

En concreto, los aspectos no evaluados en este estudio comparativo, al considerarse equivalente en ambos casos serían:

- **Fase de Fabricación:**

- Transporte de las materias primas y componentes hasta la planta de fabricación (cuando no estén ya incluidas en los datos secundarios de la base de datos).
- Proceso de fabricación del equipo (p.ej. consumo de energía en la planta de fabricación, etc.).

- **Fase de Uso:**

- Consumo energético del equipo.
- Consumo de agua del equipo.
- Consumo de consumibles (detergente, etc.).
- Transporte asociado al mantenimiento/reparación.
- Impacto ambiental asociado a las piezas de recambio (pero sí su coste).

- **Fase de Final de vida:**

- Transporte de los residuos hasta plantas de tratamiento.

Por su parte, las modificaciones de diseño indicadas implicarían los siguientes cambios en el Análisis de Ciclo de Vida del caso mejorado:

- **Mayor superficie y peso de los circuitos impresos:**

- Placa base: paso de 300 cm² y 0,44 kg a 375 cm² y 0,51 kg.
- Componentes eléctricos y electrónicos: paso de 0,50 kg a 0,58 kg.

- **Mayor peso y contenido de cobre y aluminio del motor:**

- Peso total del motor: paso de 8,25 kg a 8,59 kg.
- Contenido en Cobre: paso de 0,68 a 0,75 kg.
- Contenido en aluminio: paso de 2,72 a 2,99 kg.

- **Cambio de tambor:**

- Paso de 10,5 kg (6,09 kg de PP y 4,41 kg de calcium carbide (refuerzo)) a 12 kg de acero inoxidable.

Estas modificaciones cambiarían el BOM de materiales, que sería el siguiente para el caso mejorado:

Componente	Material	PESO (kg)
Cabina	Acero	18,00
Tambor interno	Acero	8,00
Tambor externo	Acero inoxidable	12,00
Motor	Acero	3,40
	Hierro	1,45
	Aluminio	2,99
	Cobre	0,75
Electrónica	Circuito impreso	0,51
	Componentes electrónicos	0,58
	Aluminio (disipadores)	0,44
Puerta	Vidrio	1,80
Cables	varios	0,63
Otras partes metálicas	Acero	0,84
Otras partes plásticas	PP	7,47
	PVC	1,03
	Goma	0,88
	ABS	1,80
Contrapeso	Cemento	18,68
Embalaje	Papel	0,15
	PE	0,20
	PS	0,50
	PA-Nylon	0,10
	Cartón	1,30
Peso Total con embalaje		83,49
Peso total sin embalaje		81,24

Tabla 19.- Listado de materiales del producto mejorado.

El **alcance del sistema** cubre todo el ciclo de vida del producto, considerando las siguientes fases:

- Obtención materias primas y componentes y su fabricación.
- Distribución (desde la planta de fabricación hasta usuario).
- Uso.
- Final de vida.

La **unidad funcional** considera los ciclos de lavado durante la vida útil del equipo. Basado en estudios previos, se considera como unidad funcional 2.860 ciclos de lavado.

Para el caso inicial se estima una vida útil de 2.200 ciclos (unos 10 años de vida útil) y para el producto mejorado 2.860 ciclos (unos 13 años de vida útil)

Por tanto, para cubrir la misma unidad funcional, se requerirán 1,3 equipos en el caso de la lavadora inicial y 1 equipo en el caso de la lavadora mejorada.

La **herramienta empleada** para el cálculo de inventario y de impacto ha sido Simapro, empleando la base de datos ecoinvent 3 (allocation, cut-off by classification – unit).

Los resultados de impacto obtenidos en cada caso y su comparativa se indican en la tabla siguiente.

Categorías de impacto	Unidad	Lavadora Inicial (x1,3)	Lavadora mejorada	Diferencia
Cambio climático	kg CO2 eq	480,75	411,82	-68,93
Agotamiento ozono estratosférico	kg CFC11 eq	0,00021	0,00017	-0,000042
Radiación ionizante	kBq Co-60 eq	30,35	21,37	-8,99
Formación ozono. Salud Humana	kg NOx eq	1,45	1,22	-0,22
Formación partículas finas	kg PM2.5 eq	1,39	1,17	-0,22
Formación ozono, Ecosistemas terrestres	kg NOx eq	1,49	1,25	-0,24
Acidificación terrestre	kg SO2 eq	2,82	2,41	-0,41
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,3397	0,2677	-0,072
Eutrofización marina	kg N eq	0,0224	0,0199	-0,003
Ecotoxicidad terrestre	kg 1,4-DCB	13507,78	11255,74	-2252,04
Ecotoxicidad terrestre agua dulce	kg 1,4-DCB	201,11	165,89	-35,22
Ecotoxicidad marina	kg 1,4-DCB	256,53	211,66	-44,86
Toxicidad humana carcinogénicos	kg 1,4-DCB	85,44	71,32	-14,12

Categorías de impacto	Unidad	Lavadora Inicial (x1,3)	Lavadora mejorada	Diferencia
Toxicidad humana no carcinogénicos	kg 1,4-DCB	2508,37	2041,23	-467,14
Uso del suelo	m2a crop eq	14,37	11,07	-3,30
Escasez de recursos minerales	kg Cu eq	20,98	17,95	-3,03
Escasez de recursos fósiles	kg oil eq	144,50	109,30	-35,21
Consumo de agua	m3	3,69	2,92	-0,77

ReCiPe end-point	Unidad	Total	Lavadora	Distribución	Final de vida
Lavadora mejorada	Pt	32,337	30,485	1,607	0,245
Lavadora inicial (1,3 unidades)	Pt	38,728	36,446	2,039	0,242
Diferencia (absoluto)	Pt	-6,391	-5,962	-0,432	0,003
Diferencia (porcentaje)	%	-19,76%	-19,56%	-26,89%	1,27%

Tabla 20.- Comparativa de impacto entre producto base y mejorado.

Como se puede apreciar, existe una reducción en todas las categorías de impacto, al incrementar la durabilidad del producto, a pesar de emplear más material en las mejoras definidas.

Si se analizan los resultados en indicador único (ReCiPe end-point), se puede apreciar también la diferencia favorable, en este caso por fase de ciclo de vida.

Este tipo de análisis permite por tanto analizar si las estrategias propuestas implican una reducción del impacto ambiental del producto o no, y cuantificarlas.

Paso 9/ **Comunicación de los resultados**

Como indica la guía de referencia, una vez desarrollado el informe sobre el resultado de la evaluación del producto en aspectos de eficiencia de material, se debe analizar **a quién** comunicar dichos resultados (público objetivo), **qué** comunicar (aspecto y contenido), **cuándo** comunicarlo (momento/ periodicidad) y **cómo** comunicarlo (medio y modo).

La Norma **UNE-EN 45559:2019** indica Métodos para suministrar información relacionada con aspectos de eficiencia material de productos relacionados con la energía, considerando diferentes niveles de confidencialidad.

El **contenido** relacionado con los aspectos de eficiencia de material puede ser de naturaleza cualitativa (por ejemplo, manuales de reparación) o cuantitativa (por ejemplo, valor del contenido en masa de material reciclado).

Por lo que se refiere a los resultados de la **evaluación de ciclo de vida** (resultados de ACV), se debe considerar el grado de detalle a comunicar (p.ej. valores agregados, impactos ambientales a considerar, etc.).

En la norma UNE-EN 45559 se definen **tres públicos objetivo clave**:

- Usuarios finales (incluyendo clientes).
- Profesionales (entre otros instaladores, reparadores, operarios mantenimiento, recicladores, etc.).
- Autoridades de supervisión del mercado.



Asimismo, la mencionada norma indica **tres niveles de sensibilidad de la información**: Nivel 1.- Público; Nivel 2.- Restringido y Nivel 3.- Confidencial.

Los **modos de comunicación** se refieren a la forma en que se comunica la información (formato oral, formato escrito, representación gráfica o combinación de ellas).

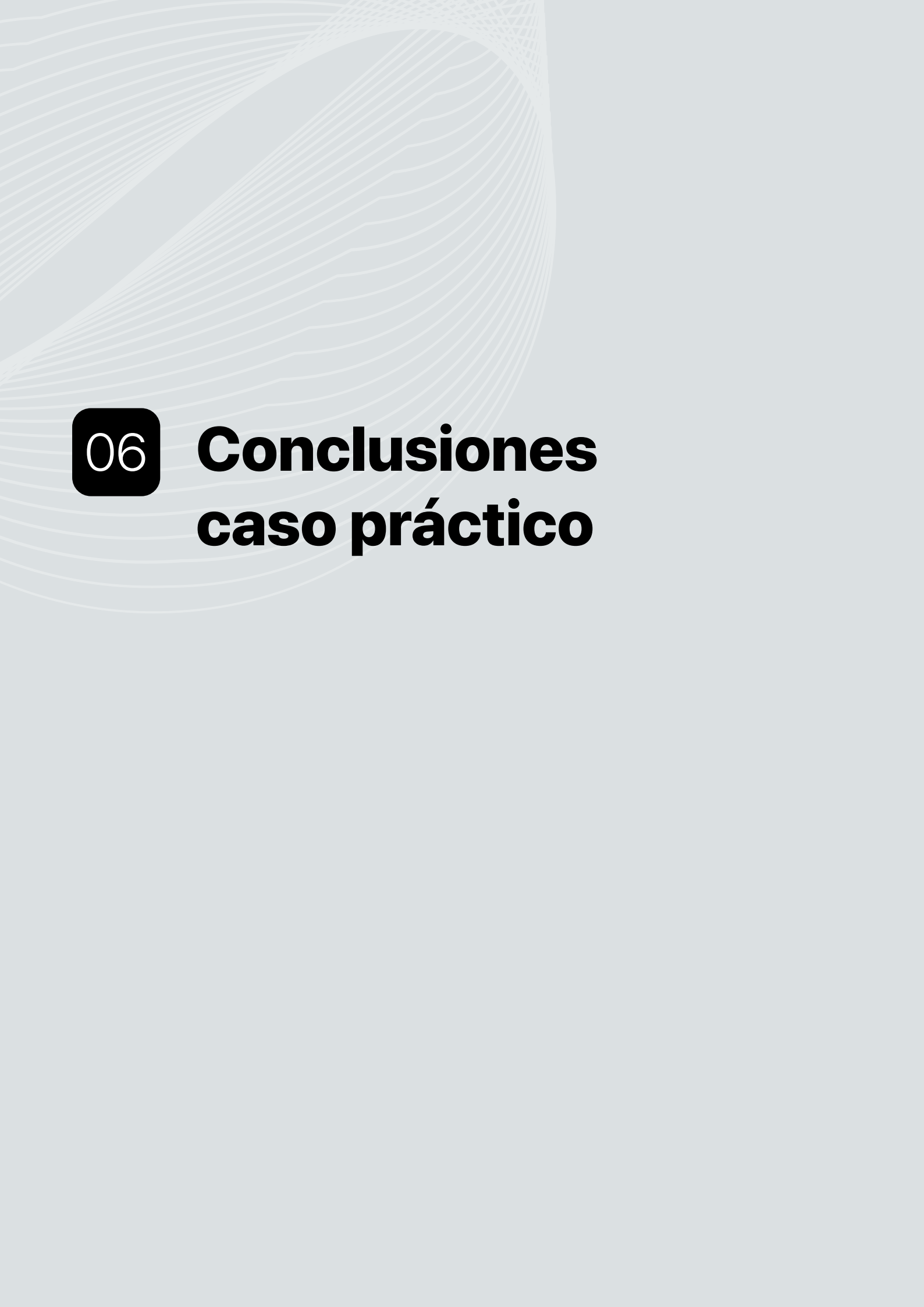
Por su parte los **medios de comunicación** se refieren al conjunto de formas o herramientas utilizadas para almacenar o suministrar la información (etiquetas, folletos, etc.).

La Tabla siguiente presenta un ejemplo de matriz de comunicación, tomando como base el contenido mínimo indicado en la mencionada norma, para los aspectos evaluados en este caso práctico.

Aspecto a Comunicar	Contenido	Público objetivo	Dpto. Responsable	Modo	Medio	Momento/ periodicidad	Sensibilidad información	Registro
Contenido en material reciclado	Ciclos de lavado soportados y condiciones	Cliente (usuario final)	Marketing	• Declaración	• En catálogo de producto	• Lanzamiento producto	Nivel 1 (Público)	n/a
Reparabilidad	Manual de reparación	Profesionales (técnicos especializados reparación)	Ingeniería	• Formato escrito • Electrónico	• En página web privada (acceso bajo registro)	• Lanzamiento producto • Mantener durante 10 años después de la retirada del producto del mercado	Nivel 2 (Restringido)	Registro accesos por usuario registrado
Reciclabilidad	Contenido sustancias reciclables	Profesionales (técnicos especializados reciclado) Cliente (Usuario final)	Ingeniería	• Formato escrito • Electrónico	• En página web pública	• Lanzamiento producto • Mantener durante 10 años después de la retirada del producto del mercado	Nivel 1 (Público)	
	Componentes a descontaminar durante el reciclado	Profesionales (técnicos especializados reciclado)	Ingeniería	• Formato escrito • Electrónico	• En página web privada (acceso bajo registro)	• Lanzamiento producto • Mantener durante 10 años después de la retirada del producto del mercado	Nivel 2 (Restringido)	Registro accesos por usuario registrado

Tabla 21.- Ejemplo de Matriz de comunicación.





06

Conclusiones caso práctico

El caso práctico presentado pretende ilustrar cómo se aplicaría la Guía de referencia en un producto concreto, en este caso una lavadora doméstica.

Se ha seguido el método para tres aspectos de eficiencia de material, que serían: durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad. Se debe considerar que las normas aplicadas son genéricas, y no se han desarrollado todavía las normas específicas para la familia de producto analizada.

Al tratarse de un ejemplo, basado en datos bibliográficos, no ha sido posible en algunos casos desarrollar por completo los métodos de evaluación, pero en la medida de lo posible se han sustituido por hipótesis y asunciones que resultaran ilustrativas de los pasos a realizar.

Por todo ello, los resultados indicados en este caso práctico no se deben considerar como referencia, ya que se indican únicamente a modo de ejemplo de aplicación.

Metodología de evaluación de aspectos de economía circular
en Equipos Relacionados con la Energía



Herri-batzua
Sociedad Pública del

EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

EKONOMIAREN GARAPEN,
JASANGARRITASUN
ETA INGURUMEN SAILA
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO
ECONÓMICO, SOSTENIBILIDAD
Y MEDIO AMBIENTE