

(03-035) - How to assess concepts that extend their lifespan more effectively?

Royo González, Marta ¹; Chulvi Ramos, Vicente ¹; Ruiz-Pastor, Laura ¹; Miralles Bellés, Laura ¹; Jiménez Cuervo, Lina Marcela ¹

¹ UNIVERSITAT JAUME I

The introduction of creative and circular features in the early stages of design is crucial. Another issue to consider in this phase is how to evaluate these features in the generated concepts. Although various tools exist, none specifically allow for the assessment of circularity-related characteristics, such as the extension of the life span of the concepts. Design for attachment, reliability, durability, easy maintenance, updating and adaptability, standardization, and design for assembly and disassembly are strategies that help slow down loops. Examples of such products include evolving highchairs or modular devices (e.g., modular phones) that adapt to user needs.

This communication aims to showcase the adaptation process of a circularity measurement tool in concepts, considering only parameters that account for the extension of the life span and establishing criteria for its application. The results will demonstrate the complexity of its implementation and the necessity of a specific tool to discern the best ideas.

Keywords: conceptual design; extending life of use; slowing loops; concept evaluation

¿Cómo evaluar los conceptos que prolongan más su vida de uso?

La introducción de características creativas y circulares en las primeras fases del diseño es esencial. Otra de las cuestiones a considerar en esta fase es como evaluar estas características en los conceptos creados. Aunque existen diferentes herramientas, no hay ninguna que permita evaluar características específicas de la circularidad como es la extensión de la vida de uso de los conceptos. El diseño para el apego, fiabilidad y durabilidad, el fácil mantenimiento, la actualización y adaptabilidad, estandarización y diseño para ensamblaje y desensamblaje son estrategias que ayudan a ralentizar los bucles. Ejemplo de este tipo de productos son las tronas evolutivas o productos que permiten cambios (teléfono modular) adaptándose a las necesidades del usuario.

En esta comunicación se pretende, por tanto, mostrar el proceso de adaptación de una herramienta de medición de la circularidad en conceptos, considerando únicamente los parámetros que tienen en cuenta la extensión de la vida de uso y estableciendo los criterios para su aplicación. Los resultados mostrarán la complejidad a la hora de su aplicación y la necesidad de una herramienta específica que ayude a discernir las mejores ideas.

Palabras clave: diseño conceptual; extensión de vida de uso; ralentizar loops; evaluación de conceptos

Correspondencia: Marta Royo González (royo@uji.es)



©2024 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La Economía Circular (EC) proporciona un sistema económico con un modelo alternativo de producción y consumo (Beaulieu, 2015; Ellen MacArthur Foundation, 2015; Ellen MacArthur Foundation & McKinsey Center for Business & Environment, 2015) con múltiples implicaciones políticas (Cordella et al., 2019; 2020). Pretende minimizar los residuos facilitando el reciclaje, la refabricación y la reutilización para mantener el valor añadido de los productos el máximo tiempo posible (Evans & Bocken, 2014). La economía circular se considera un enfoque interesante e importante para ayudar a reducir el estrés de la sostenibilidad global (European Commission, 2015; Fundación Ellen MacArthur, 2013).

La EC también considera la necesidad de combinar estrategias de diseño de productos y servicios para mantener durante más tiempo la función y el valor de los productos, componentes y materiales en su mejor nivel posible (Bocken et al., 2016). La EC busca mantener el valor económico y medioambiental de los materiales durante el mayor tiempo posible mediante la ampliación de la vida útil de los productos manufacturados y la reutilización. De este modo, se eliminan los residuos, ya que los materiales y productos pueden reutilizarse y reciclarse indefinidamente. Hollander et al. (2017) proponen una redefinición de la vida útil del producto considerando nuevos términos como la recuperación.

1.1 Extensión de la vida de uso

El diseño circular se centra en tres enfoques (Bocken et al., 2016): diseñar para ralentizar los bucles, ampliando así la vida útil de los productos y componentes; diseñar para cerrar los bucles, cuyo objetivo es favorecer el flujo circular de materiales; y estrechar los bucles haciendo más con menos. Recientemente Blomsma et al. (2019) proponen nuevas estrategias de innovación, como reinventar, repensar y reconfigurar, recircular y, por último, restaurar, reducir y evitar (material y producto).

Para Mukherjee et al. (2017) la vida útil de un producto "es la duración del periodo de tiempo en el que los artículos siguen siendo útiles para el cliente." El diseño para ralentizar los bucles pretende reducir el uso de recursos ampliando el periodo de uso de los productos mediante el diseño para una larga vida útil y la extensión de la vida útil de los productos, incluye aspectos técnicos del producto como la reutilización, el mantenimiento, la reparación, la mejora técnica o su combinación, además de aspectos emocionales como el apego y la confianza, y la fiabilidad y durabilidad (Bocken et al., 2016).

Bakker et al. (2014), proponen las siguientes estrategias de diseño para extender la vida útil de los productos:

- Diseño para el apego y la confianza: diseñar productos que generen fuertes vínculos emocionales para producir fácilmente apego con el usuario (durabilidad emocional) (Chapman, 2015). Para Bocken et al.(2016), implica crear productos que se deseen, gusten o en los que se confíe durante más tiempo.
- Diseño para la fiabilidad y la durabilidad: diseñar productos con alta resistencia al desgaste, que funcionen durante un periodo de tiempo determinado sin fallos (Bakker et al., 2014; Van den Berg y Bakker, 2015). Según Cordella et al. (2021) "la durabilidad de un producto puede estar limitada por razones técnicas (por ejemplo, tiempo, ciclos, distancia) y depende de la resistencia del producto a las cargas y a los mecanismos de degradación (fiabilidad), y de la capacidad de devolverlo a un estado funcional (mediante reparación) una vez alcanzado un estado límite."
- Diseño para facilitar el mantenimiento y la reparación: mantener el producto en condiciones óptimas conservando y reparando sus capacidades funcionales

(mantenimiento) y restableciendo su buen estado tras un daño (reparación) (Bakker, Wang, et al., 2014; Bocken et al., 2016).

- Diseño para la actualización y la adaptabilidad: diseñar el producto de modo que, aunque cambien las condiciones, siga siendo útil (Linton & Jayaraman, 2005).
- Diseño para la estandarización y la compatibilidad: facilitar el intercambio de piezas que puedan adaptarse a diferentes productos (Bakker, den Hollander, et al., 2014).
- Diseño para el desmontaje y el montaje: garantizar que los productos y las piezas puedan desmontarse y montarse fácilmente (Bakker, den Hollander, et al., 2014).

Lo que promueve la extensión de la vida de uso es una ralentización del flujo de recursos para minimizar el impacto medioambiental e incrementar el valor social y económico (Box, 1983; Roy, 2000).

1.2 Diseño conceptual y evaluación de conceptos

El diseño conceptual es una de las tareas más importantes en el desarrollo de productos de ingeniería (Wang et al., 2002). En esta fase del proceso de diseño, las ideas abstractas se desarrollan utilizando representaciones aproximadas (Takala, 1989). Durante la fase de ideación se generan y desarrollan ideas y conceptos potencialmente relevantes (Briggs & Reinig, 2007). La integración de la economía circular en las primeras fases del proceso de diseño del producto es importante; es difícil introducir modificaciones una vez que los recursos, las infraestructuras y las actividades se han comprometido con un diseño determinado (Bocken et al., 2014). Según Kulatunga et al. (2015) y Lewis y Gertsakis (2001), el 80% del impacto medioambiental de un producto se determina en las primeras fases del diseño. Estas decisiones tempranas de diseño permitirán el desarrollo de productos alineados con los principios de circularidad.

El interés por este tema ha impulsado el desarrollo de un gran número de herramientas y métodos de ecodiseño para facilitar la integración de los aspectos medioambientales en el proceso de desarrollo de productos (Baumann et al., 2002; Byggeth & Hochschorner, 2006) y ayudar a los diseñadores en sus tareas (Ritzén, 2000).

Hay estudios que analizan distintos aspectos de las herramientas de ecodiseño. Por ejemplo, Tyl et al. (2014) realizaron un estudio comparativo de herramientas y métodos centrados en el proceso de ecodiseño. Byggeth y Hochschorner (2006) compararon 15 herramientas analizando su finalidad, perspectiva ambiental, tipo de resultado y si la herramienta permite evaluar los resultados obtenidos. Rossi et al. (2016) y Rousseaux et al. (2017) estudiaron las barreras que limitan la implantación efectiva de herramientas en las empresas. Bovea y Pérez-Belis (2012) revisaron y clasificaron las herramientas que evalúan los requisitos ambientales de los productos y facilitan su integración en el proceso de diseño.

Estudios anteriores como Ruiz-Pastor et al. (2019) concluyen que la aplicabilidad de métricas de medición de la circularidad en la fase conceptual del diseño de productos (por ejemplo, peso y coste) se basan en una estimación de resultados que no son precisas.

Estudios iniciales de Royo et al. (2021) seleccionan y analizan desde el punto de vista de la aplicabilidad 11 herramientas y métodos que consideran en sus parámetros la extensión de la vida de uso de conceptos. Royo et al. (2023) analizan 70 herramientas y métodos, de los cuales sólo 14 incluyen algún parámetro relacionado con la extensión de la vida útil y son aplicables a los conceptos. CE toolkit, Eco-design PILOT, CE Designer, Circularity Assessment tool, Circularity Potential Indicator y Circular Design Tools tienen en cuenta ocho o más parámetros para evaluar la extensión de la vida útil en los conceptos. Esta selección y clasificación ayudará a los diseñadores a seleccionar las herramientas más apropiadas e indicará la necesidad de herramientas más completas para considerar la extensión de la vida útil en las primeras fases del diseño y mejorar así la selección de productos más sostenibles.

Existen diferentes métricas para evaluar lo circular que es un producto o el potencial para mejorar la circularidad (Lindgreen et al., 2020; Mesa et al., 2018; Parchomenko et al., 2019; Ruiz-Pastor et al., 2019; 2022; Saidani et al., 2019; Vinante et al., 2021). Estas herramientas consideran diferentes aspectos de las estrategias de circularidad. Sin embargo, no tienen en cuenta específicamente cómo mejorar la extensión de la vida útil del producto.

2. Objetivos

El objetivo de este estudio es describir el proceso realizado para adaptar la herramienta de medición de la circularidad en conceptos (Moreno et al., 2017) para poder utilizarse de manera que permita únicamente medir la extensión de la vida de uso de conceptos. También se mostrará la aplicación de esta métrica por parte de 3 evaluadores a tres conceptos distintos.

3. Metodología

Se van a describir los pasos que se han seguido para transformar la herramienta circular de diseño (Moreno et al., 2017) en una herramienta para poder valorar la extensión de vida útil en conceptos.

1. El primer paso es analizar cada uno de los parámetros de la herramienta, descartar aquellos que no tienen que ver con estrategias para la extensión de la vida de uso (ralentizar los flujos) y aquellos que sí que tienen relación, clasificarlos en las diferentes estrategias de diseño según Mesa et al. (2018) y aplicando la siguiente codificación:
 - E1. Diseño para el apego
 - E2. Diseño para la duración y fiabilidad
 - E3. Diseño para facilitar el mantenimiento y la reparación
 - E4. Diseño para la actualización/adaptación
 - E5. Diseño para la estandarización/compatibilidad
 - E6. Diseño para ensamblaje/desensamblaje

Por ejemplo, “Garantizar la fiabilidad (calidad)” se clasificaría como E2, “Diseño para la duración y fiabilidad”. La estrategia, “Consumo de energía limpia, no pertenece a ninguna de las estrategias para ralentizar los flujos.

2. El siguiente paso ha sido clasificar las estrategias según su aplicabilidad (Tabla 1) (Royo et al. 2021). Para clasificarlas se ha tenido en cuenta si en el desarrollo de un concepto básico está la información solicitada por el parámetro y después, si el parámetro analizado requiere o no de explicación. Por tanto, se definen los siguientes tipos:

Tabla 1: Criterios para la clasificación de parámetros que consideran la extensión de la vida de uso (Royo et al., 2021)

Desarrollo conceptual (concepto)	Necesita interpretación (el parámetro)	
	No	Sí
Si	ADS	NID
Depende	ADD	NIS
No	N	

Aplicación directa (ADS)
Aplicación directa dependiendo del nivel de desarrollo del concepto (ADD)
Necesita interpretación (NIS)

Necesita interpretación y la información a veces no se contempla a nivel conceptual (NID)

No información en el concepto (N)

Por ejemplo, si el parámetro es “Garantizar la fiabilidad (calidad)” sería del tipo NID ya que el parámetro necesitaría más explicación para poderse entender mejor y la información solicitada puede que no esté desarrollada a nivel conceptual.

3. Por último, se pretende comprobar la complejidad para evaluar diferentes propuestas conceptuales y verificar si es posible con estos parámetros elegir aquella opción que extienda más su vida de uso. Para ello se pasa a evaluar 3 conceptos por 3 personas relacionadas con el diseño (1 investigador senior, 2 estudiantes noveles).

Se han elegido estos tres conceptos debido a que dos de ellos sí que han sido concebidos para alargar más su vida de uso mediante la extensión de componentes o acople de piezas (concepto 1 y 2). En el último (concepto 3), no se perciben características que prolonguen más su vida de uso, siendo un concepto de control.

La Figura 1 muestra el primero, una bicicleta telescópica (Zee-K Ergonomic Bike) que puede extenderse y acortarse para acoplarse a gente de diferentes tallas mediante tubos ajustables en ruedas y ángulos. La descripción acompaña a la figura para facilitar la comprensión de la idea.

Figura 1: Concepto 1, bicicleta telescópica (Floss, 2010)

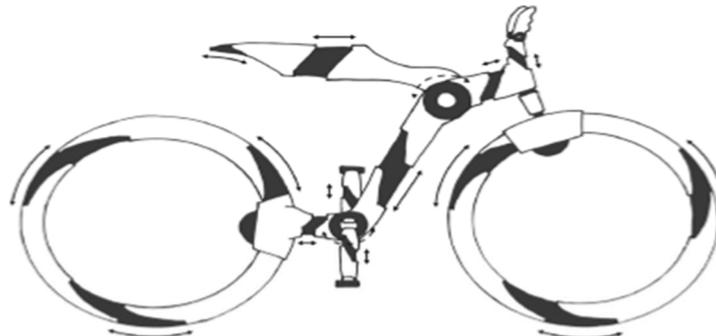
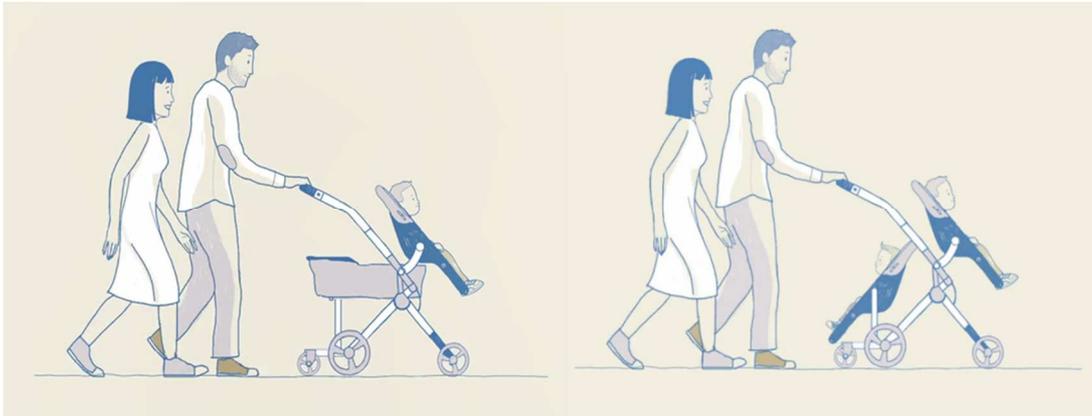


Fig. 2 Example solution provided to participants along with the following description: “A telescoping bike with parts that can be extended or shortened to fit people with very different heights. Apart from the adjustable tubes and wheels, the angles between tubes can also be modified in specific joints.” The sketch used is a modification of the Zee-K Ergonomic Bike [76].

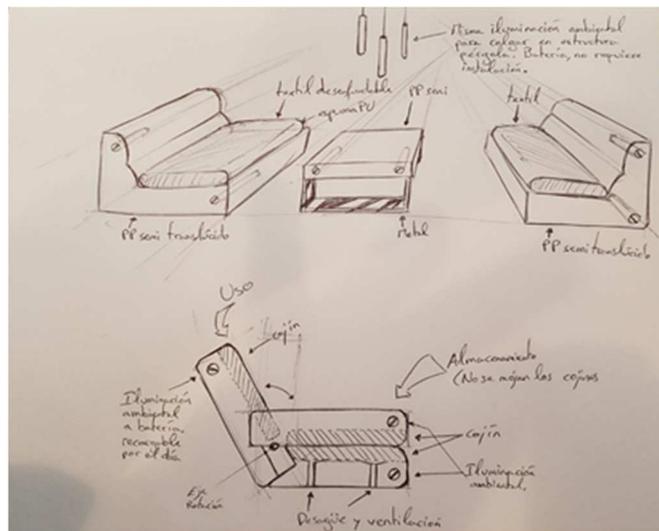
El concepto 2 (Figura 2), es un cochecito individual que permite gracias a un acople lleva a dos bebés de edades diferentes mediante un capacito-sillita o bien mediante dos sillitas.

Figura 2: Carrito individual que permite llevar a dos bebés (Royo, 2016)



Por último, el concepto 3, muestra un mueble de exterior con una serie de características que se indican en la Figura 3. Está realizado de un textil desenfundable y de espuma de poliuretano. Otras partes son de polipropileno semi translúcido ya que contiene una iluminación ambiental a batería, recargable por el día. Cuenta también con almacenamiento para evitar que se mojen los cojines y cuenta con desagüe y ventilación que facilitarían el desalojo del agua en el caso que se acumulen en su interior.

Figura 3: Mueble de exteriores (concepto 3) (fuente propia)



Se evaluará cada parámetro relacionado con la extensión de la vida de uso de la herramienta con una escala de 0 a 5 (dependiendo del grado de cumplimiento) y se le aplicará el correspondiente factor de ponderación tal y como establece la herramienta de diseño circular (Moreno et al., 2017). De esta manera se obtendrá un valor total en cada uno de los conceptos seleccionados.

4. Resultados

Partimos del total de estrategias de la herramienta planteadas por Moreno et al. (2017). Cada una de estas está clasificada según su aspecto de diseño circular y su aproximación a una categoría DfX (diseño para la sostenibilidad). El número de estrategias varía dependiendo del DfX considerado. En cada enfoque cada estrategia tiene un factor de ponderación considerado por los autores por lo que cada una de ellas tiene distinta importancia.

Respecto a la tabla original, y después de la clasificación nos quedamos con las siguientes estrategias relacionadas con la extensión de la vida de uso y su codificación (Tabla 2). Una vez identificadas se pasa a valorar la aplicación de cada parámetro, teniendo en cuenta los criterios de Royo et al. (2021) mostrándose los resultados en la columna “Aplicación” (Tabla 2).

Tabla 2: Clasificación de cada estrategia según su complejidad de aplicación

Diseño circular	DfX enfoque	Estrategia	Factor	Cód. estr.	Aplic.
Ciclos de vida (fin-de-vida)	Diseño para optimizar/extender la vida útil del producto	Garantizar la fiabilidad (calidad)	3,8	E2	NID
		Fomentar el mantenimiento (reparación/renovación)	4,4	E3	NID
		Facilidad de montaje/desmontaje	4,3	E6	ADD
		Estandarizar las piezas para que sean compatibles (modularidad)	4,1	E5	ADS
	Diseño para múltiples ciclos de vida	Garantizar la disponibilidad de piezas de repuesto	4	E3	N
Diseño de todo el sistema	Diseño para la sostenibilidad	Permiten la actualización y la flexibilidad para adaptarse	3,9	E4	ADS
Cliente	Diseño para usuarios	Adaptarse a los deseos y necesidades de cada persona	2,8	E1	ADS
		Aumentar la durabilidad (evitar la obsolescencia incorporada)	3,9	E2	N
		Desarrollar apego/fidelidad (experiencia, diseño significativo)	3,3	E1	ADS
		Basado en tendencias duraderas, nada de moda efímera (estética atemporal)	2,7	E1	ADS
		Aplicar los principios poka-yoke para facilitar su uso	2,6	E1	NIS

A continuación, y siguiendo la metodología, se pasa a evaluar los 3 conceptos con una escala del 0 al 5 tal y como se muestra en la Tabla 3, 4 y 5. En cada una de ellas se indica el factor de ponderación aplicado por estrategia, la valoración de cada evaluador en una escala de 0 a 5 y los valores ponderados. En la parte inferior se muestra el valor promedio por evaluador y el valor promedio total.

Tabla 3: resultados de la evaluación del concepto 1 por cada evaluador

CONCEPTO 1							
							
	FACT	Ev1		Ev2		Ev3	
Garantizar la fiabilidad (calidad)	3,8	2	7,6	0	0	4	15,2
Fomentar el mantenimiento (reparación/renovación)	4,4	5	22	0	0	4	17,6
Facilidad de montaje/desmontaje	4,3	4	17,2	0	0	4	17,2
Estandarizar las piezas para que sean compatibles (modularidad)	4,1	1	4,1	4	16,4	0	0

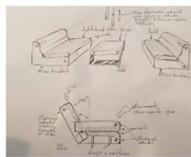
Garantizar la disponibilidad de piezas de repuesto	4	5	20	0	0	0	0
Permiten la actualización y la flexibilidad para adaptarse	3,9	5	19,5	5	19,5	5	19,5
Adaptarse a los deseos y necesidades de cada persona	2,8	3	8,4	4	11,2	5	14
Aumentar la durabilidad (evitar la obsolescencia incorporada)	3,9	5	19,5	2	7,8	4	15,6
Desarrollar apego/fidelidad (experiencia, diseño significativo)	3,3	2	6,6	2	6,6	5	16,5
Basado en tendencias duraderas, nada de moda efímera (estética atemporal)	2,7	4	10,8	4	10,8	4	10,8
Aplicar los principios poka-yoke para facilitar su uso	2,6	2	5,2	0	0	5	13
promedio			140,9		72,3		139,4
Promedio total					117,53		

Tabla 4: resultados de la evaluación del concepto 2 por cada evaluador

CONCEPTO 2							
							
	FACT	Ev1		Ev2		Ev3	
Garantizar la fiabilidad (calidad)	3,8	5	19	2	7,6	2	7,6
Fomentar el mantenimiento (reparación/renovación)	4,4	4	17,6	0	0	4	17,6
Facilidad de montaje/desmontaje	4,3	3	12,9	0	0	4	17,2
Estandarizar las piezas para que sean compatibles (modularidad)	4,1	2	8,2	1	4,1	0	0
Garantizar la disponibilidad de piezas de repuesto	4	4	16	0	0	0	0
Permiten la actualización y la flexibilidad para adaptarse	3,9	5	19,5	5	19,5	5	19,5
Adaptarse a los deseos y necesidades de cada persona	2,8	4	11,2	4	11,2	5	14
Aumentar la durabilidad (evitar la obsolescencia incorporada)	3,9	5	19,5	3	11,7	4	15,6
Desarrollar apego/fidelidad (experiencia, diseño significativo)	3,3	2	6,6	2	6,6	4	13,2

Basado en tendencias duraderas, nada de moda efímera (estética atemporal)	2,7	5	13,5	5	13,5	4	10,8
Aplicar los principios poka-yoke para facilitar su uso	2,6	4	10,4	0	0	4	10,4
promedio			154,4		74,2		125,9
Promedio total					118,17		

Tabla 5: resultados de la evaluación del concepto 3 por cada evaluador

CONCEPTO 3							
							
	FACT	Ev1	Ev2		Ev3		
Garantizar la fiabilidad (calidad)	3,8	3	11,4	3	11,4	4	15,2
Fomentar el mantenimiento (reparación/renovación)	4,4	5	22	3	13,2	4	17,6
Facilidad de montaje/desmontaje	4,3	4	17,2	1	4,3	4	17,2
Estandarizar las piezas para que sean compatibles (modularidad)	4,1	3	12,3	3	12,3	0	0
Garantizar la disponibilidad de piezas de repuesto	4	3	12	3	12	0	0
Permiten la actualización y la flexibilidad para adaptarse	3,9	1	3,9	0	0	5	19,5
Adaptarse a los deseos y necesidades de cada persona	2,8	3	8,4	0	0	5	14
Aumentar la durabilidad (evitar la obsolescencia incorporada)	3,9	4	15,6	1	3,9	4	15,6
Desarrollar apego/fidelidad (experiencia, diseño significativo)	3,3	0	0	0	0	2	6,6
Basado en tendencias duraderas, nada de moda efímera (estética atemporal)	2,7	5	13,5	5	13,5	4	10,8
Aplicar los principios poka-yoke para facilitar su uso	2,6	5	13	5	13	5	13
promedio			129,3		83,6		129,5
Promedio total					114,13		

Finalmente, la Tabla 6 recoge los resultados promedio de cada estrategia obtenidos de cada evaluador considerando el factor de ponderación.

Tabla 6: resultados de la evaluación de cada concepto por cada evaluador

Estrategias	FACT	Promedio
Garantizar la fiabilidad (calidad)	3,8	10,56
Fomentar el mantenimiento (reparación/renovación)	4,4	14,18
Facilidad de montaje/desmontaje	4,3	11,47
Estandarizar las piezas para que sean compatibles (modularidad)	4,1	6,38
Garantizar la disponibilidad de piezas de repuesto	4	6,67
Permiten la actualización y la flexibilidad para adaptarse	3,9	15,60
Adaptarse a los deseos y necesidades de cada persona	2,8	10,27
Aumentar la durabilidad (evitar la obsolescencia incorporada)	3,9	13,87
Desarrollar apego/fidelidad (experiencia, diseño significativo)	3,3	6,97
Basado en tendencias duraderas, nada de moda efímera (estética atemporal)	2,7	12,00
Aplicar los principios poka-yoke para facilitar su uso	2,6	8,67

Se ha calculado el coeficiente de correlación intraclase para determinar la fuerza de la relación entre los resultados obtenidos por los tres evaluadores para cada concepto y, así, validar las evaluaciones realizadas. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 6, como se puede ver todas las correlaciones son fuertes lo que sostiene la robustez del proceso.

Tabla 6: coeficientes de correlación entre evaluadores

	Ev1 vs. Ev2	Ev1 vs. Ev3	Ev2 vs. Ev3
Concepto 1	r = 0,917	r = 0,977	r = 0,922
Concepto 2	r = 0,956	r = 0,982	r = 0,955
Concepto 3	r = 0,980	r = 0,975	r = 0,937

5. Discusión y conclusiones

El objetivo de este análisis es comprobar si la aplicación de la métrica adaptada permite diferenciar a nivel discrecional la evaluación de la extensión de la vida de uso de varios conceptos. Como se puede apreciar en los resultados obtenidos el concepto 2 (cochecito de bebés) es que el obtiene una media de valoraciones ligeramente superior que el concepto 1 (bicicleta extensible) siendo el concepto 3 (mueble exterior) el menos valorado. Este resultado refleja que sí que se ha diferenciado que hay dos productos que a priori extienden mejor su vida de uso frente al tercero, que era el resultado previsible. Aun así, el concepto 3 no muestra una diferencia muy grande por lo que quizás faltarían parámetros que ayudaran a diferenciar mejor la extensión de la vida de uso entre diferentes conceptos.

En cuanto a los parámetros evaluados (Tabla 6), el que mayor puntuación ha obtenido es el parámetro "Permiten la actualización y la flexibilidad para adaptarse" (15,60) siendo que no tiene un factor de ponderación de los más elevados (3,9 frente a 4,4 que es el máximo). Cabe destacar que no se ha dado el caso que los parámetros con menor factor de ponderación han obtenido peores resultados, ya que por ejemplo "Aplicar los principios de poka-yoke" que tiene el valor más bajo (2,6) ha obtenido un resultado promedio de 8,67 que no es el más bajo de todos. Los 3 valores más bajos se corresponden a los parámetros "Estandarizar las piezas para que sean compatibles" (6,38 promedio, 4,1 factor), "Garantizar la disponibilidad de piezas de repuesto" (6,67 promedio y 4 factor) y "desarrollar apego/fidelidad" (6,97 con un factor de 3,3). En las dos primeras estrategias destaca que no han obtenido resultados muy elevados en los conceptos. Podría ser debido a la falta de información o bien a la dificultad de conocer estos datos en las primeras fases del diseño. Las estrategias que han obtenido la valoración más elevada han sido "Permiten la actualización y la flexibilidad para adaptarse" con 15,60 de valor promedio, "Fomentar el mantenimiento" con 14,18 y "Aumentar la durabilidad" con 13,87. Destaca la segunda opción que tiene un factor de ponderación elevado (4,4).

Las opiniones recopiladas de los evaluadores muestran una falta de datos a la hora de evaluar las propuestas, como en la opción de "Asegurar la fiabilidad" o que algunas preguntas se basan en la propia percepción ya que tal y como comentan "falta información que permita contestar de forma coherente". Por tanto, algunas respuestas quedan sujetas a la interpretación personal. También se considera una limitación el hecho que al evaluar tres conceptos al mismo tiempo pueda establecerse una propuesta como mejor y el resto se evalúen en comparación con el que se percibe como más extensible.

Otra limitación podría ser la tipología de producto aplicada, existen una diferencia entre los dos mejores (productos más técnicos con sistemas más complejos) y el mueble de exterior, por lo que sería interesante realizar la medición a productos similares.

Como trabajo futuro se debería, por un lado, aumentar la cantidad de parámetros que hacen referencia a la extensión de la vida de uso equiparando las 6 estrategias y dotando a cada característica de un peso proporcionado. Esto incluiría revisar las ponderaciones actuales, ya que como se ha visto, la herramienta inicial se concibió con una gran variedad de parámetros y en la adaptación únicamente se han considerado los relacionados con la extensión de la vida de uso. Otra cuestión sería mejorar la interpretación de los parámetros para evitar la subjetividad en las respuestas. También mejorar la forma de explicar los conceptos estableciendo un criterio en el que no se deba suponer que el concepto lleva o no alguna característica. Por otra parte, sería necesario aumentar la muestra de evaluadores para tener un mayor número de resultados. Además, estaría bien analizar más conceptos elaborados con y sin características relacionadas con la extensión de la vida de uso para poder aumentar la muestra y obtener una validación estadística fiable para determinar su eficacia. Para concluir, podemos decir que este trabajo supone una primera aproximación a la elaboración de una métrica que permita evaluar en las primeras fases del diseño ideas de productos y sirva para elegir aquellas que permitan extender más su vida de uso.

Referencias

- Bakker, C., den Hollander, M., Van Hinte, E., & Zijlstra, Y. (2014). Products that last: Product design for circular businessmodels. TU Delft Library.
- Bakker, C., Wang, F., Huisman, J., & den Hollander, M. (2014). Products that go round: Exploring product life extension through design. *Journal of Cleaner Production*, 69, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.028>
- Baumann, H., Boons, F., & Bragd, A. (2002). Mapping the green product development field: Engineering, policy and business perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 10(5), 409–425. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00015-X](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00015-X)
- Beaulieu, L. (2015). Circular economy: A critical literature review of concepts. Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services
- Blomsma, F., Pieroni, M., Kravchenko, M., Pigosso, D. C. A., Hildenbrand, J., Kristinsdottir, A. R., Kristoffersen, E., Shabazi, S., Nielsen, K. D., Jönbrink, A. K., Li, J., Wiik, C., & McAloone, T. C. (2019). Developing a circular strategies framework for manufacturing companies to support circular economy-oriented innovation. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118271. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118271>
- Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- Bovea, M. D., & Pérez-Belis, V. (2012). A taxonomy of ecodesign tools for integrating environmental requirements into the product design process. *Journal of Cleaner Production*, 20(1), 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.012>
- Box, J. M. F. (1983). Extending product lifetime: Prospects and opportunities. *European Journal of Marketing*, 17(4), 34–49. <https://doi.org/10.1108/EUM0000000004830>
- Briggs, R. O., & Reinig, B. A. (2007). Bounded ideation theory: A new model of the relationship between idea-quantity and idea-quality during ideation. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2007.108>
- Byggeth, S., & Hochschorner, E. (2006). Handling trade-offs in ecodesign tools for sustainable product development and procurement. *Journal of Cleaner Production*, 14(15–16), 1420–1430. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.03.024>
- Chapman, J. (2015). *Emotionally durable design: Objects, experiences and empathy*. Routledge
- Cordella, M., Alfieri, F., & Sanfelix, J. (2019). Analysis and development of a scoring system for repair and upgrade of products - Final report. <https://doi.org/10.2760/725068>
- Cordella, M., Alfieri, F., & Sanfelix, J. (2020). Guidance for the assessment of material efficiency: Application to smartphones. <https://doi.org/10.2760/037522>
- Cordella, M., Alfieri, F., Clemm, C., & Berwald, A. (2021). Durability of smartphones: A technical analysis of reliability and repairability aspects. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125388. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.125388>
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy Vol. 1: An economic and business rationale for an accelerated transition*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

- EllenMacArthur Foundation, & McKinsey Center for Business and Environment. (2015). Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe. Isle of Wight, UK, EllenMacArthur Foundation.
- EllenMacArthur Foundation. (2015). Delivering the circular economy: A toolkit for policymakers. EllenMacArthur Foundation
- European Commission. (2015). Closing the Loop - An EU action plan for the circular economy, 614 Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, European Commission, Brussels
- Evans, J. L., & Bocken, N. M. P. (2014). A tool for manufacturers to find opportunity in the circular economy: www.circulareconomytoolkit.org. KES Transactions on Sustainable Design and Manufacturing I, 2011, 303–320.
- Floss, G. H. (2010). “Zee-K Ergonomic Bike,” Zee-K/Gabriel Floss, Banario de Camboriu, Brazil, accessed, May, 6, 2024, http://www.coroflot.com/gabrielfloss/zee-k-ergonomic-bike_1
- Hollander, D., C, M., Bakker, C. A., & Hultink, E. J. (2017). Product design in a circular economy: Development of a typology of key concepts and terms. Journal of Industrial Ecology, 21(3), 517–525. <https://doi.org/10.1111/jiec.12610>
- Kulatunga, A. K., Karunatilake, N., Weerasinghe, N., & Ihalawatta, R. K. (2015). Sustainable manufacturing based decision support model for product design and development process. Procedia CIRP, 26, 87–92. <https://doi.org/10.1016/j.pro.2015.03.004>
- Lewis, H., & Gertsakis, J. (2001). Design+ Environment. A Global Guide to designing greener goods. Greenleaf Publishing. London and New York: Routledge Taylor & Francis Group
- Lindgreen, E. R., Salomone, R., & Reyes, T. (2020). A critical review of academic approaches, methods and tools to assess circular economy at the micro level. Sustainability, 12(12), 4973. <https://doi.org/10.3390/SU12124973>
- Linton, J.D., & Jayaraman, V. (2005). A framework for identifying differences and similarities in the managerial competencies associated with different modes of product life extension. International Journal of Production Research, 43(9), 1807–1829. <https://doi.org/10.1080/13528160512331326440>
- Mesa, J., Esparragoza, I., & Maury, H. (2018). Developing a set of sustainability indicators for product families based on the circular economy model. Journal of Cleaner Production, 196, 1429–1442. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.131>
- Moreno, M. A., Ponte, O., & Charnley, F. (2017). Taxonomy of design strategies for a circular design tool. In PLATE: Product Lifetimes And The Environment, 275–279. IOS Press
- Mukherjee, K., Mondal, S., & Chakraborty, K. (2017). Impact of various issues on extending the useful life of a product through product recovery options. Journal of Remanufacturing, 7(1), 77–95. <https://doi.org/10.1007/S13243-017-0034-6>
- Parchomenko, A., Nelen, D., Gillabel, J., & Rechberger, H. (2019). Measuring the circular economy - A multiple correspondence analysis of 63 metrics. Journal of Cleaner Production, 210, 200–216. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.357>
- Ritzén, S. (2000). Integration environmental aspects into product development: Proactive measures. KTH.
- Rossi, M., Germani, M., & Zamagni, A. (2016). Review of ecodesign methods and tools. Barriers and strategies for an effective implementation in industrial companies. Journal of Cleaner Production, 129, 361–373. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.051>

Rousseaux, P., Gremy-Gros, C., Bonnin, M., Henriel-Ricordel, C., Bernard, P., Flourey, L., Staigre, G., & Vincent, P. (2017). "Eco-tool-seeker": A new and unique business guide for choosing ecodesign tools. *Journal of Cleaner Production*, 151, 546–577. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.089>

Roy, R. (2000). Sustainable product-service systems. *Futures*, 32(3–4), 289–299. [https://doi.org/10.1016/S0016-3287\(99\)00098-1](https://doi.org/10.1016/S0016-3287(99)00098-1)

Royo, M. (2016). Incorporación de nuevos escenarios de uso en el proceso de diseño (SIPD): propuesta metodológica y valoración de la percepción de los usuarios.

Royo, M., Chulvi, V., Mulet, E., Ruiz-Pastor, L., & Bort-Martinez, M. (2021). Aplicabilidad de los parámetros para alargar la vida de uso de herramientas y métodos de ecodiseño en conceptos.

Royo, M., Chulvi, V., Mulet, E., & Ruiz-Pastor, L. (2023). Analysis of parameters about useful life extension in 70 tools and methods related to eco-design and circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 27(2), 562-586.

Ruiz-Pastor, L., Mulet, E., Chulvi, V., & Royo, M. (2019). Analysis of the circularity metrics applicability in the conceptual product design stage. 23rd International Congress on Project Management and Engineering, October, pp. 852–864

Ruiz-Pastor, L., Chulvi, V., Mulet, E., & Royo, M. (2022). A metric for evaluating novelty and circularity as a whole in conceptual design proposals. *Journal of Cleaner Production*, 337, 130495.

Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, 207, 542–559. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014>

Takala, T. (1989). Design transactions and retrospective planning. In E.V.Akman (Ed.), *Intelligent CAD systems II: Implementational issue* (pp. 262–272). Springer-Verlag.

Tyl, B., Legardeur, J., Millet, D., & Vallet, F. (2014). A comparative study of ideation mechanisms used in eco-innovation tools. *Journal of Engineering Design*, 25(10–12), 325–345. <https://doi.org/10.1080/09544828.2014.992772>

Van den Berg, M. R., & Bakker, C. A. (2015). A product design framework for a circular economy. In *Product lifetimes and the environment (PLATE) conference proceedings*. Nottingham, UK, pp. 365–379.

Vinante, C., Sacco, P., Orzes, G., & Borgianni, Y. (2021). Circular economy metrics: Literature review and company-level classification framework. *Journal of Cleaner Production*, 288, 125090. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.125090>

Wang, L., Shen, W., Xie, H., Neelamkavil, J., & Pardasani, A. (2002). Collaborative conceptual design—State of the art and future trends. *Computer-Aided Design*, 34(13), 981–996. [https://doi.org/10.1016/S0010-4485\(01\)00157-9](https://doi.org/10.1016/S0010-4485(01)00157-9)

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

