

03-013

## **DESIGN OF A HAIR DRYER BASED ON CIRCULAR ECONOMY PRINCIPLES**

Torca Adell, Laura (1); Bovea Edo, Maria Dolores (1)

(1) Universitat Jaume I

This study analyses the “reparability” strategy as a way to extend the useful life of products, as proposed by the New Circular Economy Action Plan and the Ecodesign Directive, which boosts the incorporation of aspects related to durability, reparability, etc. in the ecodesign requirements applied to energy-related products. As an application, the category of hair dryers is analyzed, since it is a product present in almost every household, and because it belongs to the category of electrical/electronic equipment, a priority in this regulatory framework. Taking the characterization in the laboratory of a representative sample of hair dryers and information related to typical failures in this product category as a starting point, the critical components have been identified, which should be easily accessible in order to facilitate the repair process. In addition, information related to modes of use, advantages/disadvantages, failures and repairs, etc., has been obtained from users. Then, a modular hair dryer, which minimizes the amount of material and easy to repair, has been designed. In addition, both the market price and its environmental footprint have been found to be lower than existing standard hair dryers on the market.

Keywords: hairdryer; circular economy; modular; eco-design; repair.

## **DISEÑO DE UN SECADOR DE PELO EN BASE A PRINCIPIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR**

Este estudio analiza la “reparabilidad” como estrategia para extender la vida útil de los productos, tal y como propone el Nuevo Plan de Acción de la Economía Circular y la Directiva de Ecodiseño, fomentando la incorporación de aspectos relativos a la durabilidad, reparabilidad en los requisitos de diseño ecológico que se aplican a los productos relacionados con la energía. Como aplicación, se analiza la categoría de secadores de pelo, por ser un tipo de producto presente en casi todos los hogares, y por pertenecer a la categoría de equipos eléctricos/electrónicos, prioritaria en este marco normativo. A partir de la caracterización en el laboratorio de una muestra representativa de secadores existentes en el mercado y de información de fallos típicos, se han identificado los componentes críticos, a los que hay que acceder de forma fácil para realizar las operaciones de reparación. Se ha obtenido información a partir de usuarios relativa a modos de uso, ventajas/inconvenientes, fallos y reparaciones, etc. A partir de esta información, se ha diseñado un secador de pelo modular, que minimiza la cantidad de material y fácil de reparar. Además, se ha comprobado que el precio de mercado y su huella ambiental es inferior a los secadores tipo existentes.

Palabras clave: secador; economía circular; modular; ecodiseño; reparar.

Correspondencia: Laura Torca Adell. Correo: torca@uji.es

Agradecimientos: Las autoras agradecen la financiación recibida del programa de ayudas predoctorales para la formación de personal investigador de la Universitat Jaume I (PREDOC/2021/35).



©2022 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

El marco normativo de la Economía Circular viene dado por el “Nuevo Plan de acción para la economía circular”, publicado en marzo de 2020 por la Comisión Europea (COM 98, 2020), como actualización del inicial “Plan de acción de economía circular” (COM 614, 2015). Es además, el eje central del Pacto Verde Europeo (COM 640, 2019). Aplicado al diseño de productos, este marco normativo promueve una nueva política de productos sostenibles, que asegure que los productos comercializados en la Unión Europea duren más, sean más fáciles de reutilizar, reparar y reciclar e incorporen en la medida de lo posible material reciclado en lugar de materias primas primarias.

A nivel normativo y de legislación, se han ido haciendo avances a nivel europeo. En el marco de la Directiva 2009/125/EC (Directiva de Ecodiseño) (European Parliament, 2009), se ha iniciado la incorporación de aspectos relativos a la durabilidad, reparabilidad, etc. en los requisitos de diseño ecológico que se aplican a los productos relacionados con la energía. Además, la serie de normas EN 4555X respalda la introducción de estos requisitos de diseño ecológico sobre aspectos de durabilidad (EN 45552, 2020) o reparabilidad (EN 45554, 2020), entre otros.

En este contexto, este estudio analiza la “reparabilidad” como estrategia para extender la vida útil de los productos, tal y como propone el marco normativo de la Economía Circular aplicada al diseño de productos (COM 614, 2015; COM 98, 2020). Además, se selecciona la categoría de secadores de pelo, por ser un tipo de producto presente en casi todos los hogares, y por ser identificada como una categoría prioritaria por el “Plan de trabajo de Ecodiseño 2016-2019”(COM 773, 2016) a través de su estudio preparatorio (European Commission, 2015).

Hoy en día los pequeños aparatos eléctricos y electrónicos se caracterizan por ser aparatos presentes en todos los hogares y que una vez dejan de funcionar, suelen ser sustituidos sin pasar un proceso que analice su reparabilidad (Pérez-Belis et al., 2017). Relativo a los secadores de pelo, European Commission (2021) los identifica como una de las categorías de pequeño electrodoméstico que con más frecuencia se estropea, teniendo una la vida media de entre 5 años según European Commission (2021) y 6 años según (Pérez-Belis et al., 2017).

Teniendo en cuenta este contexto, este estudio se centra en proponer un diseño de un secador de pelo que sea fácilmente reparable y que permita, por tanto, extender su vida útil. Para ello, en primer lugar, se analiza y se realiza una búsqueda de información a partir de una muestra representativa de secadores, análisis de fallos típicos e identificación de componentes prioritarios. Seguidamente, se establecen una serie de requisitos de diseño y finalmente se procede al diseño del secador y propuesta final. Para el diseño final del secador, se realizan análisis ergonómicos, mecánicos, de fabricabilidad, y de viabilidad económica y ambiental.

## 2. Obtención de la información

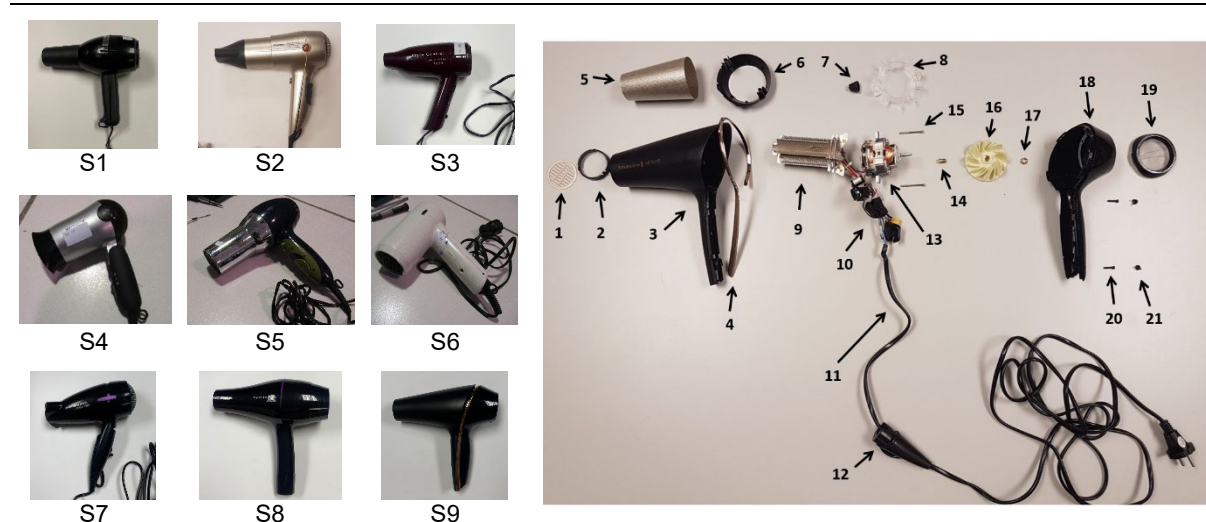
La primera etapa del proceso de diseño implica el conocimiento del problema y la obtención de información a través de diferentes fuentes. En esta sección se presenta la información relativa a los secadores de pelo recopilada a través de: análisis de muestra real de secadores mediante su desensamblaje con el fin de identificar organizaciones internas que puedan facilitar la reparabilidad de los mismos, análisis de fallos típicos de secadores con el fin de identificar componentes prioritarios desde la perspectiva de su reparabilidad, identificación de

piezas de repuesto que los fabricantes ponen a disposición de usuarios y servicios técnicos de reparación.

## 2.1 Análisis de la muestra representativa

En la Tabla 1, se presenta la muestra representativa de secadores de pelo analizados, que abarcan potencias de entre 1200 W y 2400 W y peso entre 500 g y 1400 g.

**Tabla 1: Muestra representativa secadores y organización interna del secador S9**



Durante el proceso de desensamblaje de cada uno de ellos, se analizaron aspectos relativos a nº componentes, nº y tipo de herramienta utilizadas, nº tornillos, nº embellecedores, nº elementos no desmontables, etc., algunos de los cuales se resumen en la Tabla 2.

**Tabla 2: Características generales**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Nº componentes	12	17	19	16	23	16	15	27	24
Nº herramientas	2	2	0	2	2	2	2	4	5
Nº Tornillos externos	3	2	1	2	3	1	2	2	2
Nº Tornillos internos	2	2	0	2	0	2	2	4	2
Nº Embellecedor	0	1	0	0	1	0	0	2	3
Nº carcassas exteriores	2	4	2	3	4	2	4	3	3
Nº protecciones del calor	1	2	1	1	2	1	1	3	2
Elementos no desmontables	3	3	3	3	3	2	3	1	0
C. eléctricos soldados	si	si	si	si	si	si	si	si	si

Tras el desensamblaje, se analizó la organización interna de cada uno de los secadores de pelo. A modo de ejemplo, la figura de la derecha de la Tabla 1, muestra los componentes y su organización interna para uno de ellos (S9).

Finalmente, se identificaron los componentes de cada uno de los secadores (Tabla 3).

**Tabla 3: Tabla comparativa**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Boquilla	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Carcasa	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rejilla delante	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rejilla detrás					✓	✓	✓	✓	✓
Resistencia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Comp. Eléctricos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Motor	✓								✓
Motor-hélice		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Hélice	✓								✓
Mica		✓	✓	✓			✓	✓	✓
Cable alimentación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Filtro	✓		✓	✓		✓		✓	✓

Tras analizar el proceso de desensamblaje y la organización interna de cada uno de ellos, se extraen las siguientes conclusiones:

El número de carcasas externas no varía entre secadores, a no ser que haya algún mecanismo de plegado o forma diferente a la común.

Los elementos para sujeción interna son necesarios para la sujeción del motor y de piezas internas.

La mayoría de secadores disponen de tornillos en su exterior e interior. Esto dificulta y ralentiza el desensamblado de este.

En la mayoría de casos para el desensamblado de las carcasas se rompen los embellecedores.

Existen piezas embebidas o unidas de forma que la única manera de separarlas es rompiéndolas (motor y hélice).

Los componentes eléctricos van soldados entre ellos, difícil reparación y sustitución de estos.

Existen embellecedores que tapan los tornillos o uniones que dificultan y retardan en gran medida el tiempo de desensamblaje.

Únicamente dos modelos (S5 y S6) tienen la **rejilla trasera** desmontable, para facilitar su mantenimiento.

Los secadores antiguos no llevan el elemento que proteja a la carcasa externa del calor del interior (**cilindro interior**).

En algunos secadores, el elemento **motor y hélice** se encuentran unidos mediante uniones desmontables, lo que dificulta su desensamblaje.

## 2.2 Análisis de fallos típicos y componentes prioritarios

En esta etapa del proceso de búsqueda de información, se identificaron los principales fallos en los secadores de pelo, con el fin de seleccionar los componentes prioritarios para su reparación.

Para ello, se recopiló información a partir de:

Cuestionario a usuarios

Averías detectadas en una muestra de secadores desechados

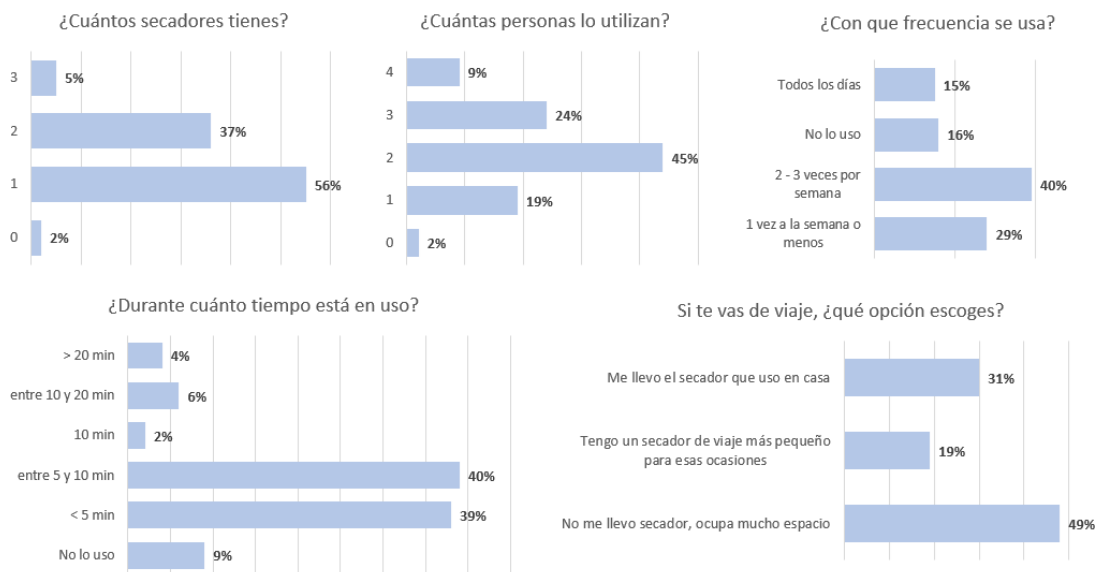
Análisis de ifixit

El **cuestionario** orientado a usuarios constó de tres secciones para abarcar información referente a: modos de uso del secador de pelo, reparación del secador de pelo y requisitos demandados a los secadores de pelo. El tamaño de muestra para un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10% según Bartlett, Kotrlik y Higgins (2001) es de 96. Se obtuvieron 100 respuestas válidas, valor superior al tamaño de muestra requerido.

La Figura 1, muestra los resultados relativos a los modos de uso del secador. Mayoritariamente, los usuarios encuestados disponen de un secador en sus hogares, empleado por un promedio de dos personas y con una frecuencia de 2-3 veces por semana entre 5 y 10 minutos.

**Figura 1: Respuestas relativas a los modos de uso del secador**

**SECCIÓN 1 | MODOS DE USO DEL SECADOR DE PELO**

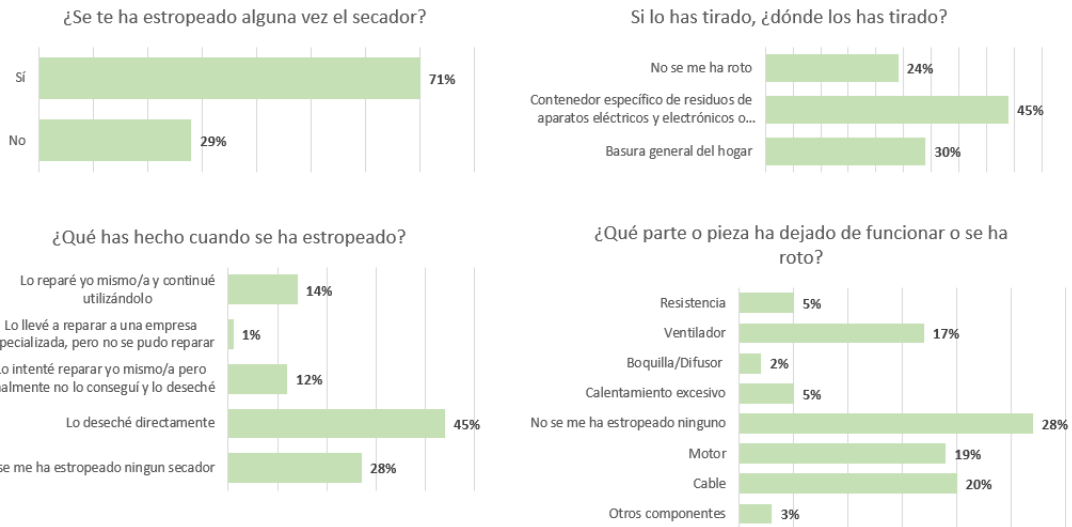


La Figura 2 muestra las respuestas relativas a las preguntas sobre la reparabilidad de los secadores. Se obtiene que al 71% de los encuestados se les ha estropeado alguna vez el secador, aunque sólo un 26% lo intentó reparar, consiguiéndolo con éxito el 46% de ellos.

Los componentes más comúnmente averiados han sido: el cable, la hélice y el motor (recalcando que el calentamiento excesivo del secador era la principal causa de la avería).

**Figura 2: Respuestas relativas a la reparación del secador**

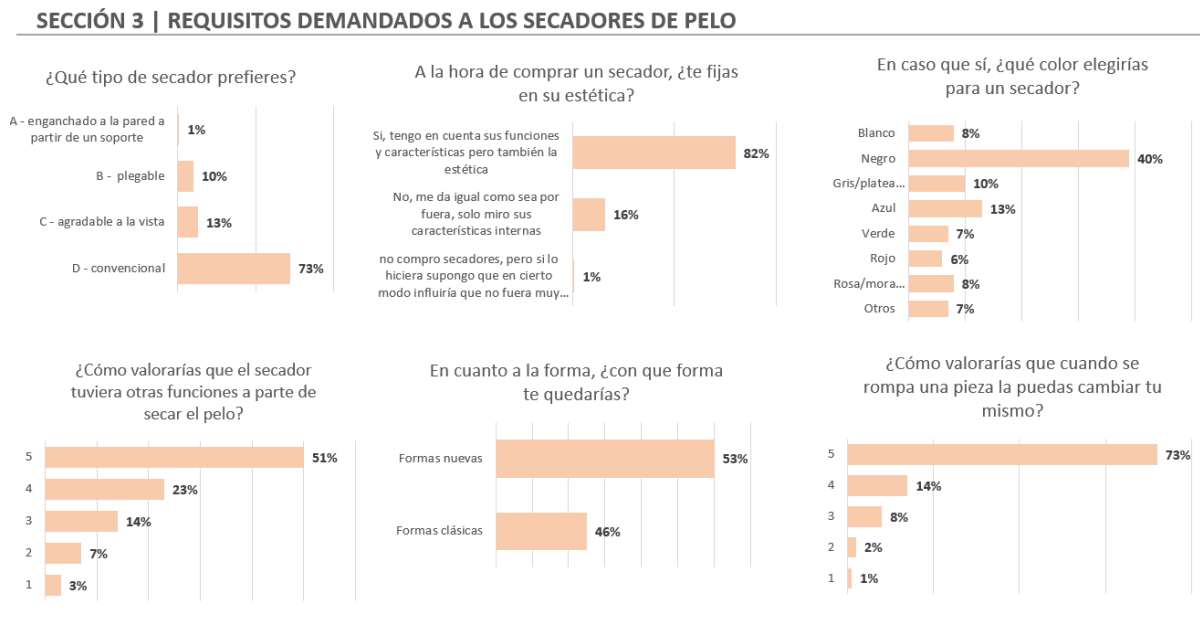
**SECCIÓN 2 | REPARACIÓN DEL SECADOR DE PELO**



Finalmente, en la Figura 3 se muestra los diferentes requisitos demandados a los secadores por los usuarios. Destaca que un 82% de los usuarios tienen en cuenta la estética además

de las funciones y características, y que un 73% de ellos, valoran de forma muy positiva el poder sustituir piezas del secador cuando éste falla.

**Figura 3: Respuestas relativas a los requisitos del secador**



Para el **análisis de fallos en secadores desechados**, se observa que algunas de las averías encontradas son:

- Fallo en el ventilador y atasco del filtro a causa del polvo y suciedad acumulada.
- Rotura de la hélice del ventilador.
- Componentes afectados por el calor del motor, como la carcasa o la hélice.
- Rotura de rejillas protectoras
- Rotura de carcasa exterior
- Cables estropeados

En la Figura 4, se observan algunos de los componentes estropeados.

**Figura 4: Componentes averiados**



Por último, a través de la plataforma **iFixit** y los manuales que incorpora, se analizan los componentes prioritarios y que más comúnmente son reparados o sustituidos. Los

componentes que presentan más averías son: el panel de controles, la unión entre la hélice y el motor, las rejillas protectoras, la resistencia, las boquillas, la carcasa, el cable y el fusible.

A partir de toda la información recogida, se llega a la conclusión de que las averías más comunes y con mayor frecuencia se producen en los siguientes componentes:

Cable

Conexiones entre piezas (boquilla, carcasa)

Hélice




Fusibles

Motor

### 2.3 Piezas de repuesto

Una vez se identifican los diferentes componentes prioritarios y con más posibilidad de fallo, se realiza una búsqueda acerca de que tipos de repuestos de secadores de pelo que los fabricantes ponen a disposición de usuarios y servicios técnicos. En la Tabla 4, se observan ejemplos de estas piezas de repuesto, junto con el precio de diferentes fabricantes. Se concluye que existen piezas de recambio para todos los componentes identificados como prioritarios.

**Tabla 4. Piezas de repuesto de secadores en el mercado**

Boquillas	Cables	Motor	Difusor	Hélices	Rejilla	Fusible
 15,50 €	 24,19 €	 -	 36,30 €	 8,30 €	 10,80 €	 1,33 €
 15,60 €	 9,92 €	 25,11 €	 20,56 €	 15,52 €	 8,35 €	 2,01 €
 10,77 €		 13,67 €	 11,60 €	 4,96 €	 10,77 €	 2,13 €
 8,35 €				 2,29 €	 5,50 €	 1,03 €

### 3. Requisitos de diseño

Una vez se han analizado los diferentes secadores, su reparabilidad y como extender su vida útil a partir de información extraída de la caracterización en el laboratorio y la información obtenida a partir de los usuarios, etc., se diseña un secador de pelo modular, que minimiza la cantidad de material y que es fácil de reparar.

La categoría de aparatos eléctricos y electrónicos "secador de pelo", no tiene publicados todavía Requisitos de Ecodiseño de carácter obligatorio establecidos en el marco de la Directiva de Ecodiseño. Por ello, en el diseño del secador, se implementan medidas de economía circular, teniendo en cuenta las propuestas y recomendaciones del "Nuevo Plan de



acción para la economía circular” (COM 98, 2020). Se establecen principios de sostenibilidad que regulan la reparabilidad, durabilidad, mantenimiento e información en manuales y guías.

El secador diseñado presenta los siguientes requisitos:

Extiende su vida útil.

Reduce la huella de carbono de un secador convencional.

Favorece el mantenimiento, actualización y sustitución de componentes.

Tiene un precio medio.

Para cumplir con los requisitos anteriores, se tienen en cuenta los siguientes aspectos en el diseño del secador:

Diseño modular.

Identificación rápida de componentes.

Fácil accesibilidad a los componentes internos.

Fácil sustitución de componentes prioritarios.

Fácil desensamblaje a partir de herramienta incorporada en el diseño. Posibilidad de desensamblaje con herramientas estándar.

Uniones de más de un uso.

Se plantean diferentes alternativas de diseño para facilitar la identificación y reparación de componentes:

**Cable.** Se propone que el componente cable este enrollado siempre del mismo modo, teniendo un lugar para ello. Así se evitan posibles roturas internas, nudos o dobles que provoquen su fallo. Cable enrollado y protegido.

**Hélice. Motor.** Componentes más importantes del secador, fácil separación entre ellos y con el cableado interno. Se propone uniones reutilizables, evitando la soldadura que dificulta la reparación en el desensamble y reensamble de componentes.

**Fusible.** Fácil acceso al componente y extracción rápida. Se proponen uniones reutilizables. Conexión con otros elementos, y fácil acceso.

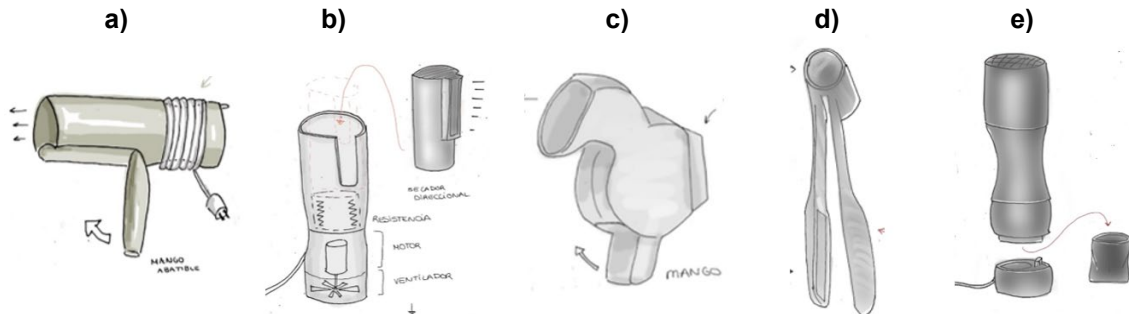
**Conexión entre elementos internos.** Se proponen uniones reutilizables entre componentes internos eléctricos permitiendo un desensamblado y ensamblado rápido con herramientas estándar. Estas uniones sustituirán a la soldadura.

**Conexiones entre elementos externos.** Se evitan las uniones de un solo uso entre carcasas, se propone un tipo de uniones basadas en presillas con las que el usuario pueda separar los módulos de la carcasa sin dificultad y sin la necesidad de disponer de herramientas específicas.

#### 4. Resultados: Propuesta de diseño

A partir de los análisis y los requisitos de diseño propuestos en la sección 3 y de la información analizada en la sección 2, se bocetan cinco alternativas distintas (a, b, c, d, y e en la Figura 5).

**Figura 5: Alternativas de diseño bocetadas**

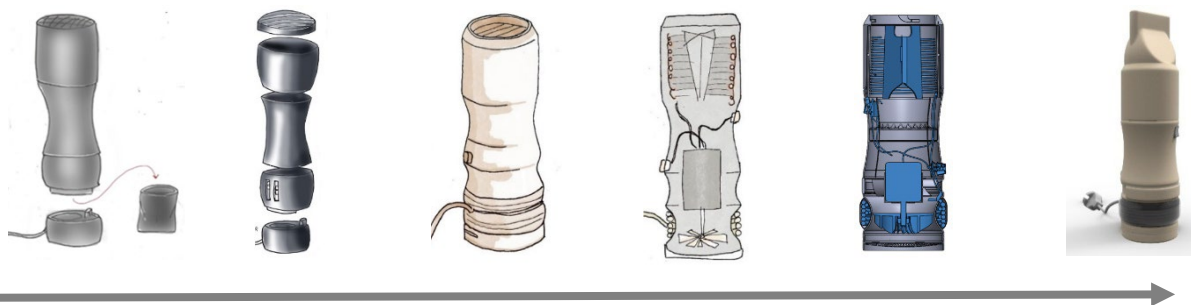


Con el fin de elegir la alternativa que mejor se adapta a los requisitos planteados, se aplican varios métodos de decisión multicriterio (regla de la mayoría, método de Datum y suma ponderada). En todos ellos, se obtiene el siguiente orden de preferencia:

**Diseño e > Diseño b > Diseño a > Diseño c > Diseño d**

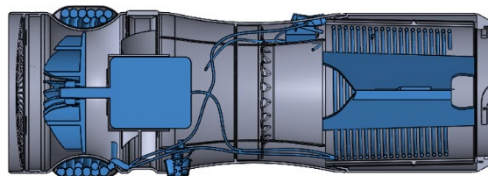
La Figura 6 muestra la evolución formal del boceto seleccionado (e), hasta llegar al diseño final.

**Figura 6: Evolución de la alternativa óptima (e)**



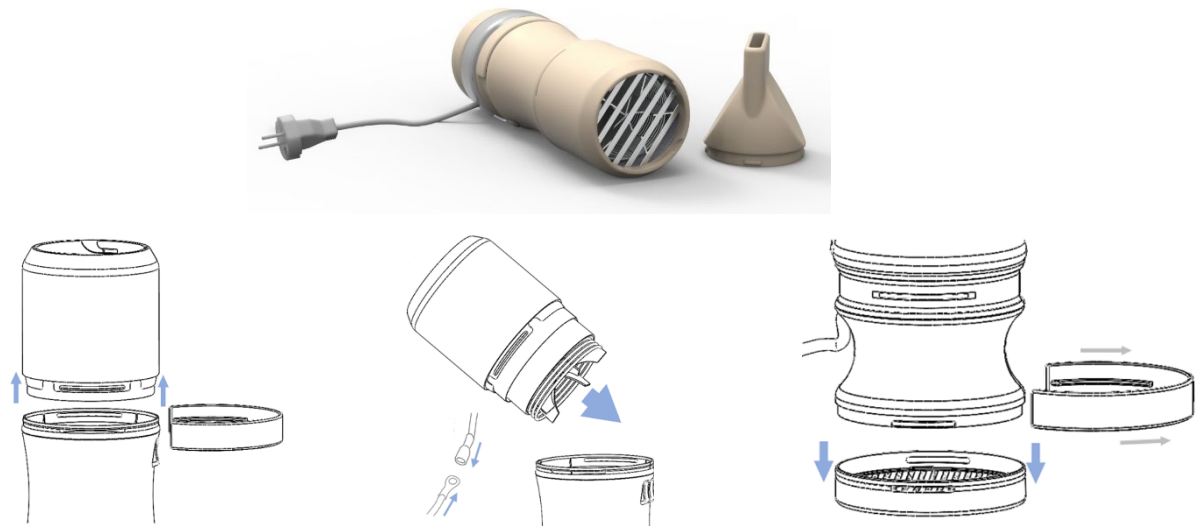
La Figura 7 muestra la composición interna final del secador, sus componentes y como se encuentran distribuidos.

**Figura 7: Organización interna del secador de pelo**



La Figura 8, muestra la apariencia formal del secador a través de dos imágenes renderizadas, acompañadas de una de las secuencias del desensamblaje donde se aprecian los diferentes módulos y como se desensamblan.

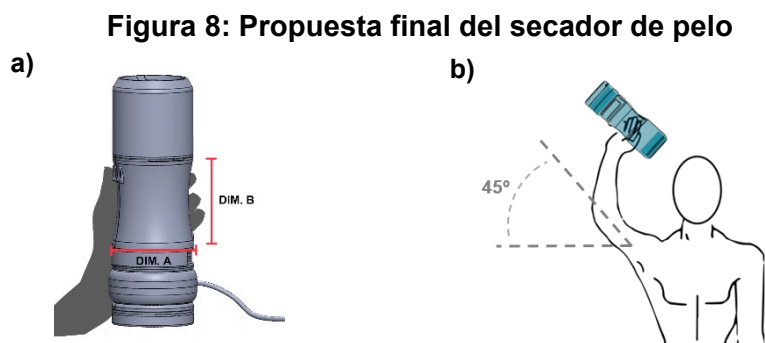
**Figura 8: Propuesta final del secador de pelo**



Este diseño final viene dado por los diferentes estudios y análisis realizados durante su evolución. En los siguientes apartados se muestra la síntesis de los diferentes análisis realizados comprobando un correcto dimensionamiento, su ergonomía, características mecánicas y proceso de inyección adecuado para las piezas.

#### 4.1 Análisis ergonómico

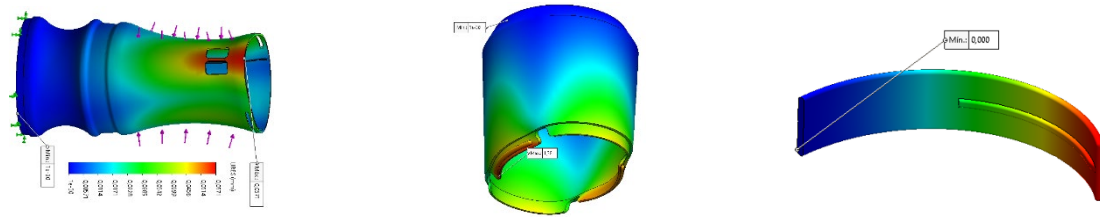
Se realiza un análisis ergonómico para poder dimensionar el producto. Las dimensiones A y B obtenidas corresponden a 76 mm y 92,32 mm, respectivamente (Figura 8a). Además, estudiando la postura del usuario, el secador cumple con las medidas adecuadas para su uso según Crony (1978), sin exceder los ángulos que se consideran óptimos, tal y como muestra la Figura 8b.



#### 4.2 Análisis mecánico y de fabricabilidad

Se realizan diferentes **análisis mecánicos** con el fin de observar y comprobar que los diferentes componentes relevantes del secador son capaces de reaccionar favorablemente a distintos escenarios. En la Figura 9, se puede observar que los desplazamientos y tensiones son mínimos considerando los análisis satisfactorios. Los valores de tensión máxima no superan el límite de material.

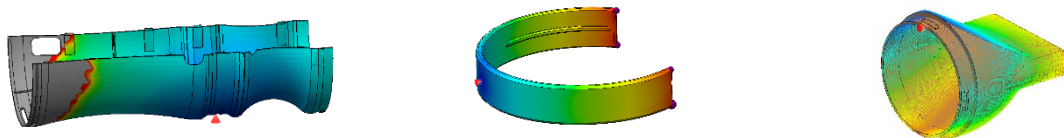
**Figura 9: Análisis mecánico de componentes relevantes**



El **análisis de fabricabilidad** se efectúa para las piezas fabricadas a partir de la inyección de plástico, se realiza a partir de la simulación del proceso, empleando el programa SolidWorks Plastics.

Con estos análisis se evita las líneas de soldadura, rechupes, aire atrapado y malformaciones, controlando al mismo tiempo que los espesores son los correctos. En la Figura 10, se observa el análisis realizado para tres de las piezas.

**Figura 10: Análisis de fabricabilidad**



#### 4.3. Análisis de viabilidad ambiental y económica

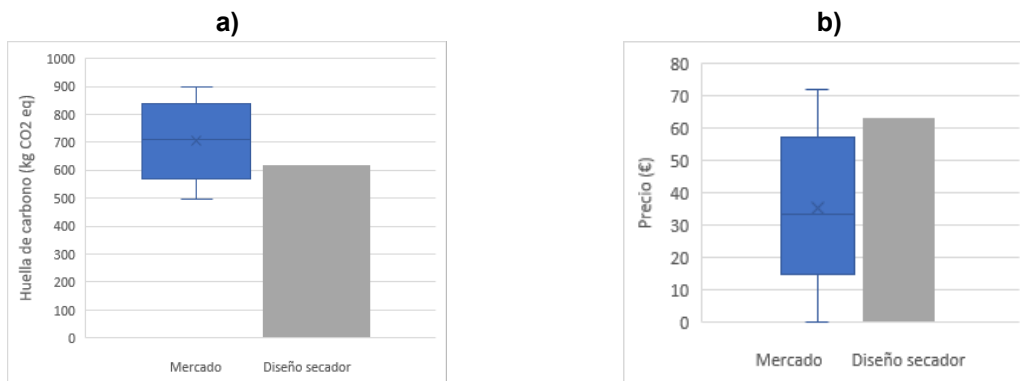
El análisis de viabilidad ambiental se realiza a partir del Análisis del Ciclo de Vida, dónde se evalúan los aspectos medioambientales y los impactos asociados con el secador.

Ambientalmente, en la Figura 11a, se observa un mayor impacto en los secadores del mercado, quedando posicionado el diseño en la parte baja del rango, con un valor de huella de carbono de 620,12 kg CO<sub>2</sub> eq.

En cuanto a la viabilidad económica, el diseño del secador se encuentra posicionado con una relación calidad – precio atractiva, situándose en la parte alta del rango, presentando

características formales y funcionales diferenciadoras del mercado. En la Figura 11b, Se observa el posicionamiento del secador diseñado respecto a los secadores del mercado.

**Figura 11: Viabilidad ambiental (a) y económica (b)**



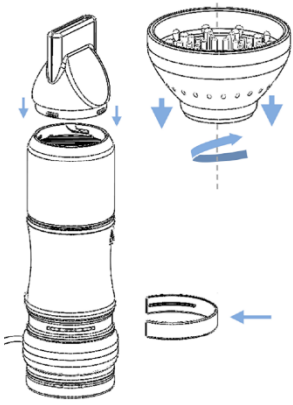
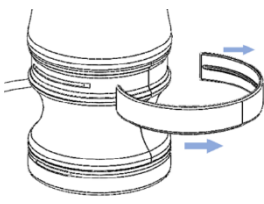
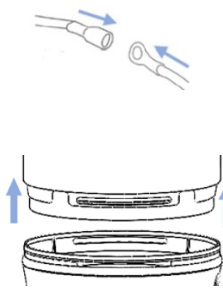

## 5. Conclusión

En esta comunicación se ha presentado el proceso de diseño de un secador de pelo que incorpora los principios de economía circular. Se observa que la mayoría de secadores existentes en el mercado presentan dificultades para ser desensamblados, para acceder a los componentes prioritarios, repararlos o sustituirlos. Es por ello, que se diseña un secador de pelo modular, que minimiza la cantidad de material y que es fácil de reparar.

Se ha incorporado en el diseño final los siguientes aspectos. Estos se observan en la Tabla 5.

- Diseño modular.
- Fácil desensamblaje a partir de herramienta incorporada en el diseño.
- Fácil accesibilidad a los componentes internos.
- Identificación rápida de componentes.
- Fácil sustitución de componentes prioritarios.
- Uniones de más de un uso.

**Tabla 5. Aspectos incorporados al diseño del secador**

DISEÑO MODULAR	HERRAMIENTA INCORPORADA	UNIONES DE MÁS DE UN USO	FÁCIL ACCESIBILIDAD Y SUSTITUCIÓN
			

## 6. Referencias

- Bartlett, J.E.I., Kotlik, J.W., Higgins, C.C., 2001. Determining appropriate sample size in survey research. *Inf. Technol. Learn. Perform. J.* 19, 43–50.
- COM 614, 2015. Closing the loop: an EU Action Plan for the Circular Economy. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
- COM 640, 2019. The European Green Deal. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
- COM 773, 2016. Ecodesign Working Plan 2016-2019. Communication from the European Commission.
- COM 98, 2020. A new Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
- Crony, J., 1978. *Antropometría para diseñadores*, Gili, Gust. ed. Barcelona.
- EN 45552, 2020. General method for the assessment of the durability of energy-related products.
- EN 45554, 2020. General methods for the assessment of the ability to repair, reuse and upgrade energy-related products.
- European Commission, 2021. Preparatory study for the ecodesign and energy Labelling Working Plan 2020-2024. Task 3 Preliminary analysis of product groups and horizontal initiatives - Hair dryers (draft).
- European Commission, 2015. Preparatory Study to establish the Ecodesign Working Plan 2015-2017 implementing Directive 2009/125/EC Task 4 Final Report.
- European Parliament, 2009. Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products. *Official Journal of the European Union*.
- Pérez-Belis, V., Braulio-Gonzalo, M., Juan, P., Bovea, M.D., 2017. Consumer attitude towards the repair and the second-hand purchase of small household electrical and electronic equipment. A Spanish case study. *J. Clean. Prod.* 158, 261–275.  
doi:10.1016/j.jclepro.2017.04.143

## Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

