

09-022

AN ACADEMIC LOOK AT A SUSTAINABLE FUTURE. PRODUCT DESIGN IN THE FIELD OF CIRCULAR ECONOMY

Sánchez Lite, Alberto (1); Zulueta Pérez, Patricia (1)

(1) Escuela de Ingenierías Industriales. Universidad de Valladolid

This study is part of one line of teaching and research carried out in Project subjects of the School of Industrial Engineering of the University of Valladolid. The starting point is the contribution of engineering to the circular economy, understood as a concept related to sustainability with the aim of maintaining the value of products, materials, and natural resources as long as possible, minimising waste generation. In our case, the main objective of the work is obtaining more durable products, which can be repaired, reused, or recycled, as it is established in the European Green Deal. To reach this goal, collaborative projects have been carried out for "small household appliances" whose typology is present in Annex II of RD 110/2015, of 20 February, on waste electrical and electronic equipment. The specific objectives of this initiative have been encouraging students, future engineers, to design sustainable products, as well as to analyze and to put into practice new manufacturing processes based on the circular economy.

Keywords: Industrial projects; sustainability; circular economy; small household appliances; teaching; collaborative work

UNA MIRADA ACADÉMICA A UN FUTURO SOSTENIBLE. DISEÑO DE PRODUCTOS EN EL ÁMBITO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR.

El presente trabajo se enmarca en una de las líneas docentes e investigadoras llevadas a cabo en las asignaturas de Proyectos de la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid. El punto de partida es la aportación de la ingeniería a la economía circular entendida como un concepto relacionado con la sostenibilidad cuyo objetivo es que el valor de productos, materiales y recursos naturales se mantengan durante el mayor tiempo posible y se reduzca al mínimo la generación de residuos. En nuestro caso, el objetivo principal del trabajo se enmarca en las acciones recomendadas en el Pacto Verde Europeo, específicamente en aquellas encaminadas a la obtención de productos más duraderos que puedan ser reparados, reutilizados o reciclados. Para materializar esta meta se han realizado en el aula proyectos colaborativos de "pequeños electrodomésticos" cuya tipología se puede encontrar en el Anexo II del Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Los objetivos específicos de esta iniciativa han sido los de incentivar a los estudiantes, futuros ingenieros, a que dediquen sus esfuerzos a diseñar productos sostenibles, así como a analizar y poner en práctica nuevos procesos de fabricación basados en la economía circular.

Palabras clave: Proyectos industriales; economía circular; sostenibilidad; pequeños electrodomésticos; docencia; trabajo colaborativo

Correspondencia: Patricia Zulueta Pérez. Correo: pzulueta@eii.uva.es



©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 y objetivos

En el presente estudio se expone el trabajo realizado con alumnos de 4^o curso de la titulación de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales de la Escuela de Ingenierías Industriales (EII) de la Universidad de Valladolid (UVa) en el marco de la asignatura de Proyectos Técnicos Industriales.

El trabajo a realizar consistía en el proyecto de un pequeño electrodoméstico en el ámbito de la economía circular. Se consideraron “pequeños electrodomésticos” a los incluidos en la extensa lista presente en el Anexo II del Real Decreto 110/2015, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. El producto elegido, además de innovador, debía estar diseñado bajo los principios de la economía circular y tener un coste final coherente con el mercado al que se dirige.

Desde un enfoque educativo los estudiantes deben estar preparados para hacer frente a los desafíos del desarrollo sostenible en el marco de los valores humanistas universales como alternativa la idea dominante del desarrollo ligado únicamente al crecimiento del producto interior bruto. Para lograrlo, los centros educativos superiores deben contribuir a la formación en los valores de la sostenibilidad y su gestión social (Escámez, Peris, & Escámez, 2017). En la línea de la realización de proyectos ecológicos, las universidades tienen la responsabilidad de implementar metodologías activas para promover, en estudiantes y docentes, el conocimiento de la sostenibilidad y las actitudes y comportamientos requeridos por la UNESCO (Hernández-Barco et al., 2021).

La formación del alumnado, específicamente el de las Escuelas de Ingenierías Industriales en sus diferentes titulaciones de Grado y Máster, debe implantar los preceptos de la economía circular, la eco innovación y el ecodiseño, para convertir a los futuros profesionales en agentes de cambio hacia la sostenibilidad y hacia la evolución de la idea de “consumidor” a la de “usuario”. Los conceptos de materia prima, producto y proceso deben estar inmersos en los principios que van más allá de las 3R (reducir, reutilizar y reciclar) sumando a estos conceptos los de repensar, rediseñar, refabricar, reparar, redistribuir y recuperar energía como elementos base de la economía circular (Geywitz, 2019).

En cuanto a la visión empresarial, considerando el ecodiseño como la integración de los aspectos ambientales en la concepción de productos de diseño y desarrollo, el creciente reconocimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se ha integrado a nivel mundial en el diseño de productos y en las actividades comerciales y empresariales. Las necesidades de formación, la complejidad de los productos y el conocimiento de las dimensiones sociales, son desafíos en la aplicación de las herramientas en las primeras etapas del rediseño del producto (Suppipat, Teachavorasinskun, & Hu, 2021).

Sin embargo, desde la perspectiva del consumo, más allá de los cambios en el tejido productivo en aras de la circularidad, es necesario y urgente que se produzca una transformación en la conducta de los usuarios. Mientras los hábitos del consumo no estén basados en conductas sostenibles, las iniciativas en materia de economía circular carecerán del arraigo suficiente (Calvo & Lévy, 2020). En esta línea, estudios como los de Nieves y Morales (2022) abordan la brecha existente entre la actitud y el comportamiento del consumidor en el ámbito de la economía circular, y analizan la incoherencia entre una actitud favorable desde el punto de vista ecológico y, por el contrario, un comportamiento real no sostenible. Entre los elementos desencadenante de esta situación, los autores identifican determinados factores entre los que destacan, desde el punto de vista individual: las normas subjetivas, el control conductual y la propia conciencia; por otra parte, se encuentran el precio,

el costo, el conocimiento y la información; y, por último, cabe destacar otros factores como los social demográficos y los culturales.

En ese sentido, resulta fundamental evaluar la percepción del consumidor sobre la producción de residuos, particularmente en el caso que nos ocupa, de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y el mercado al que pertenecen. Estudios realizados sobre este asunto, como los de Botelho et al. (2016) en Portugal, arrojan unos resultados que muestran, por una parte, una falta de conciencia por parte de los consumidores sobre el proceso de devolución de estos aparatos; y, por otro lado, y en consonancia con las tesis de Nieves y Morales (2022), se deduce que las condiciones de información y los factores social demográficos son los que pueden influir en la motivación de los usuarios para devolver dichos aparatos al final de su vida, considerada útil.

Ejemplo de territorios que han llevado a cabo experiencias pioneras y proyectos desde diversos planos: el de la investigación, las empresas, los sectores financieros y la administración pública, promulgando una legislación específica sobre las estrategias en economía circular, lo podemos encontrar en la región de Emilia-Romana en Italia. En el estudio realizado por Saní et al. (2021) a través de una investigación aplicada, descriptiva y cualitativa, basada en el análisis documental, se analizan los esfuerzos realizados por dicha región dirigidos a la transición hacia una economía circular desde el punto de vista tecnológico, legal y financiero, orientado al mercado.

En España, con ese mismo fin, y sobre la base de los datos existentes, se han realizado estudios en los que, a través de un conjunto de indicadores, se muestra la eficacia de las políticas existentes en el cumplimiento de las metas marcadas desde la Unión Europea (UE) para, en caso necesario, identificar las áreas en las que reforzar las acciones que se han llevado a cabo (Ihobe, 2021).

Centrándonos específicamente en el campo de los aparatos eléctricos y electrónicos, al proyectar los pequeños electrodomésticos objeto de nuestro trabajo, además de considerar la innovación en las etapas de diseño y fabricación, debe tenerse en cuenta la gestión de los residuos. En España, como en otros países, existe desde el año 2005 el RD 208 de gestión de Residuos de aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) que suponen un riesgo para la salud y el medio ambiente. En estudios realizados como el de Redondo et al. (2018) relativo a la aplicación de estrategias para la gestión de estos residuos, se muestra como las medidas en materia de economía circular y la educación ambiental disminuyen la generación de RAEE cuando aumenta el ciclo de vida de dichos productos y cuando cambian los hábitos de consumo. A su vez, el modelo de la economía circular ligado a la producción y gestión de residuos a través de los ODS, implica la reducción del consumo de materias primas, la transformación de residuos en materias primas secundarias, el fomento de la reutilización y el reciclaje, la reducción del consumo de agua y energía y la reducción de residuos y su toxicidad añadida (Belda, 2018).

El concepto de economía circular ha sido ampliamente debatido en la UE con un limitado progreso en su implementación que los estudios académicos achacan, en general, a cuestiones tecnológicas. Sin embargo, en un estudio sobre las barreras existentes en la UE realizado por Kircherr et. al. (2018), basado en 208 encuestado y 47 entrevistas a expertos, se muestra que las barreras culturales, principalmente la falta de interés y conciencia del consumidor, así como las características de la cultura empresarial imperante, son consideradas por las empresas y la administración pública como principales obstáculos en mucha mayor medida que las barreras tecnológicas. En ese sentido, muchas voces sostienen que la tecnología es la solución al problema ecológico, pero hay que tener en cuenta que de ese modo puede entrar en juego, por ejemplo, la Paradoja de Jevons que relaciona el perfeccionamiento tecnológico con el aumento del consumo (Zito, 2014). En el diseño del modelo de negocio circular es imprescindible considerar los aspectos de las diferentes

culturas en referencia al consumo para aumentar la aceptación del concepto de economía circular por parte de los usuarios y así lograr el posible objetivo del desarrollo sostenible (Chen & Chou, 2018).

La interpretación general del concepto de circularidad se centra en cerrar ciclos tecnológicos y biológicos mediante la reintegración de productos al final de su vida útil a los sistemas de producción y consumo. Sin embargo, como se ha señalado anteriormente, es fundamental una actitud consciente del consumidor para evitar la generación de flujos materiales innecesarios. En un estudio realizado por Horvath, Bahna, y Fogarassy, (2019) se clasifica a los estados miembros de la UE según los indicadores de flujo de materiales más esperados, presentando una nueva metodología para medir la eficiencia circular basada en la capacidad ecológica disponible de los países.

Actualmente, a raíz del Pacto Verde Europeo, en el Nuevo Plan de acción para la economía circular (Comisión Europea, 2020) y a través de la legislación, se ordenan ya algunos aspectos relacionados con la sostenibilidad de los productos, con carácter obligatorio algunos y voluntario otros, entre los que podemos destacar:

- Mejorar la durabilidad, reutilizabilidad, actualizabilidad y reparabilidad de los productos.
- Aumentar el contenido reciclado de los productos.
- Posibilitar la refabricación y el reciclado de alta calidad.
- Reducir la huella de carbono y la huella ecológica.
- Limitar el uso de productos de un solo uso y contrarrestar la obsolescencia prematura.
- Prohibir la destrucción de los bienes duraderos que no hayan sido vendidos.
- Incentivar los “productos como servicios” u otros modelos similares en los que los productores conservan la propiedad del producto o la responsabilidad por su rendimiento a lo largo de su ciclo de vida.
- Movilizar el potencial de digitalización de la información sobre productos, incorporando soluciones como pasaportes, etiquetado y marcas de agua digitales.
- Recompensar a los productos con arreglo a sus diferentes resultados en materia de sostenibilidad, por ejemplo, vinculando las prestaciones de alto nivel a los incentivos.

Concretamente, para el caso de los productos eléctricos y electrónicos, la Comisión Europea plantea una Iniciativa sobre Electrónica Circular con medidas reguladoras específicas.

Entrando ahora en los objetivos del presente trabajo debemos distinguir entre los objetivos académicos que figuran en la guía docente, los propios de la asignatura de Proyectos en la que se desarrolla este trabajo, y los objetivos enfocados al desarrollo de productos ecológicos y sostenibles en el ámbito de la economía circular.

Los primeros, los objetivos académicos (OA) están encaminados a mejorar y asegurar la adquisición por parte de los estudiantes de competencias básicas y específicas tanto a nivel individual como de trabajo grupal, y a alcanzar los resultados del aprendizaje esperados. Se podrían sintetizar en el siguiente:

- OA 1: lograr que el alumnado adquiera la capacidad de poder desarrollar en equipo, mediante trabajo colaborativo, un proyecto técnico industrial completo.

En cuanto los objetivos para crear productos sostenibles podemos destacar:

- OS 1: encontrar puntos de encuentro entre el concepto de economía circular y las prácticas educativas.

- OS 2: incentivar en el alumnado, futuros profesionales, el esfuerzo por diseñar productos sostenibles., inculcando conciencia del entorno.
- OS 3: considerar nuevos modelos de fabricación.
- OS 4: conseguir que el alumnado fuera capaz de generar estudios básicos de análisis de ciclo de vida.
- OS 5: aplicar herramientas de ecodiseño.

2. Metodología

Para lograr la transición de un modelo de negocio basado en la economía lineal a uno circular, es necesario acometer nuevos desafíos. En el excelente estudio llevado a cabo por Bocken, Pauw, Bakker, y van der Griten (2016) se analizan, entre otras, las estrategias de diseño de producto que, desde el entorno académico, deben guiar a los futuros ingenieros para lograr ese cambio. En esta búsqueda, se introducen los términos de: ralentizar, cerrar y estrechar los ciclos de recursos, y se presenta una lista de estrategias circulares para aplicar en etapas tempranas del proceso de diseño de productos. Entre las mismas se encuentran la extensión del periodo de utilización de los productos, el diseño de productos de larga duración; la intención de alcanzar aspectos emocionales como son el apego y la confianza del usuario con su producto; el diseño para el mantenimiento, la reparación y la actualización técnica; el diseño para un ciclo tecnológico (en productos de servicio) o para un ciclo biológico (en productos de consumo); y, finalmente, el diseño para el desmontaje. Existen ejemplos de éxito de esta metodología de trabajo, convertidos en paradigmas de fabricación de productos duraderos, como es el caso del fabricante de electrodomésticos Miele que, aceptando unas tasas de crecimiento moderadas, proporciona en sus productos una garantía de vida útil funcional muy elevada desafiando la obsolescencia programada, un diseño para la durabilidad y la actualización, un consumo de energía reducido, y un uso de recursos minimizado.

Como se ha explicado anteriormente, el proyecto industrial que constituye nuestro caso de estudio pertenece al trabajo realizado en la asignatura de Proyectos Técnicos Industriales, cuatrimestral de carácter obligatorio ubicada en el último curso de la titulación de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales. Se trata del proyecto de un pequeño electrodoméstico en el ámbito de la economía circular cuyos requerimientos iniciales se podrían sintetizar en los siguientes:

1. Referente a la innovación y funcionalidad del producto:
 - Originalidad del diseño
 - Revisión del estado de la técnica
 - Diseño de sistemas reparables
 - Consideraciones sobre el Mercado CE
2. Referente al ecodiseño:
 - Consideración del tipo de materiales utilizados y su diversidad dentro del producto.
 - Reutilización, reciclado, valorización de sus componentes.
 - Priorizar los recursos renovables.
 - Diseño para el desmontaje.
3. Referente a la economía circular:
 - Búsqueda de materiales de segunda generación para un ciclo cerrado.

- Consideración de residuos como subproductos.
- Durabilidad: producto con componentes duraderos y reutilizables en la fabricación de otros productos.
- Consideraciones sobre el proceso de fabricación/montaje del producto y la generación de residuos.
- Reflexiones sobre la logística sostenible en la distribución, embalaje, transporte, etc.

El principal software utilizado fue el siguiente:

- Diseño del producto y línea de montaje: Sistemas Dassault Systemmes, diferentes módulos de Catia V5.
- Métodos heurísticos de equilibrado de líneas: Flexible Line Balancing.
- Análisis de Ciclo de Vida (ACV): SimaPRO.
- Cálculos mecánicos: Working Model.
- Comunicación interna de los equipos y sesiones virtuales: BBCollaborate.

Finalmente, la metodología llevada a cabo en esta experiencia podría resumirse en las acciones que figuran en la tabla 1 de la página 8.

3. Caso de estudio

Se presentaron un total de 6 proyectos entre los que se reseñan los 2 siguientes:

1. *Sun Gerry's* (Figura 1): Aparato para la limpieza de las piscinas de manera autónoma con las siguientes funciones:

- Limpieza de superficie.
- Filtrado multietapa.
- Mantenimiento del agua.
- Elevada rapidez de movimiento.
- Más de 4 horas de batería.
- Consumo optimizado de fungibles.
- Instalación solar de autoconsumo.
- Reparabilidad y reciclaje de materiales.

2. *Ridere* (Figura 2): Cepillo eléctrico irrigador con esterilizador UV. con las siguientes funciones:

- Equipo sanitario y de higiene personal aplicado al ámbito del hogar.
- Materiales con bajo impacto ambiental (bambú, aluminio de segunda y tercera generación, plásticos de bajas emisiones), biodegradables, o con bajo grado de toxicidad.
- Esterilización mediante lámpara de cuarzo.
- Indicadores de sobrepresión.

En estos proyectos, y en los demás presentados, se utilizaron determinadas herramientas cualitativas de ecodiseño, como son la Rueda de Lids y la matriz MET y se realizó un Análisis del Ciclo de Vida como método cuantitativo, a través del Eco indicador 99H y el IPPC 2007 a

diferentes años, midiendo los modelos de daños en tres categorías: salud humana, recursos y calidad del ecosistema. Se muestran ejemplos de resultados de dichas herramientas en las figuras 3 a 5.

Figura 1: Sun Gerry's: vistas y puesto de estación de trabajo. (Realizado por los alumnos: Á. Alonso Arévalo, R. Ayuso Ruiz, J. Galván Lobo, I. Pérez Franco, I. Pérez González)

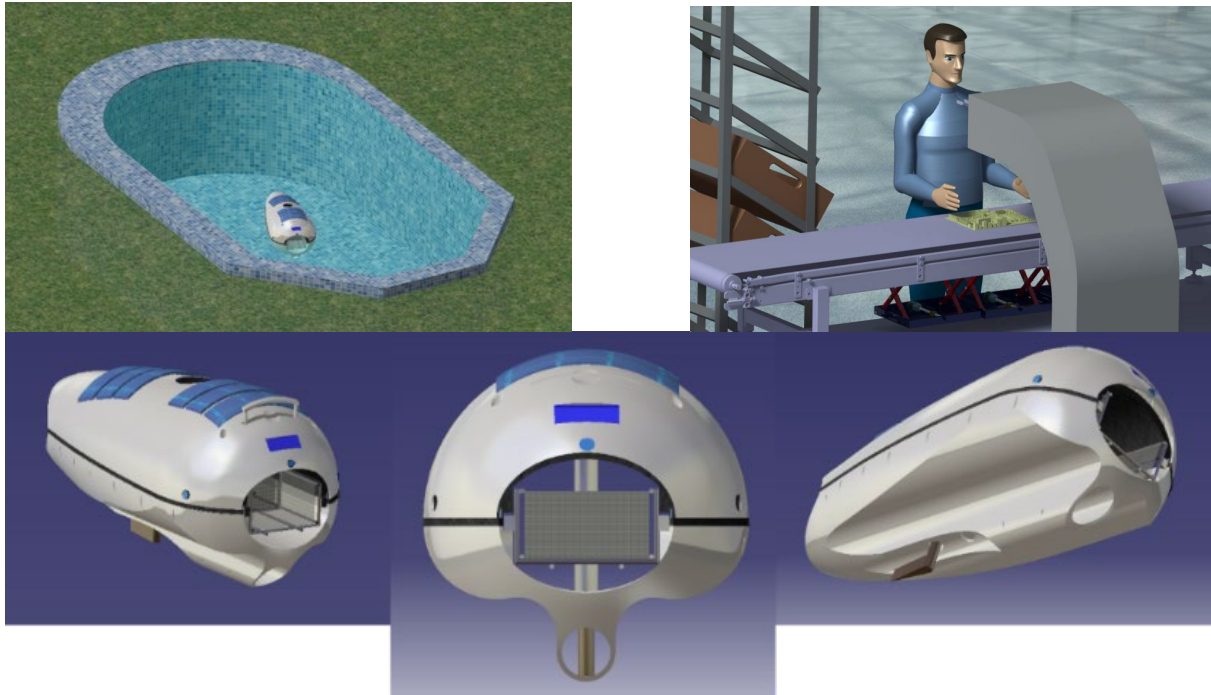


Figura 2: Ridere: vistas y puesto de estación de trabajo (Realizado por los alumnos: D. de Torres, F. González, J.M. González, M.A. Martín, R. Tamayo)

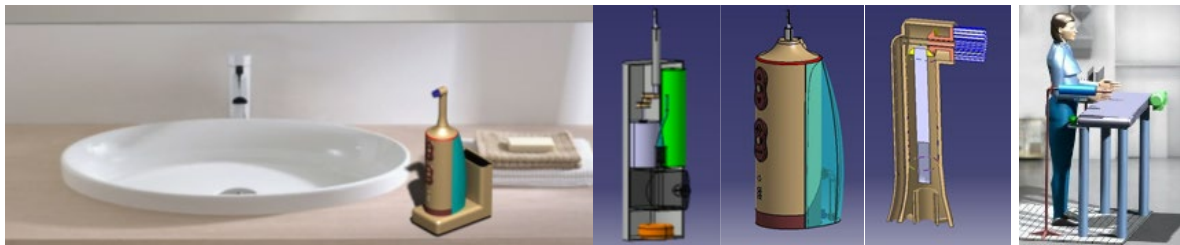


Figura 3: Ridere: rueda de Lids



Figura 4: Ridere: ACV

ACV Cepillo-Irrigador de dientes: indicador CO2 eq IPPC 2007 a20 años (kg CO2 eq)

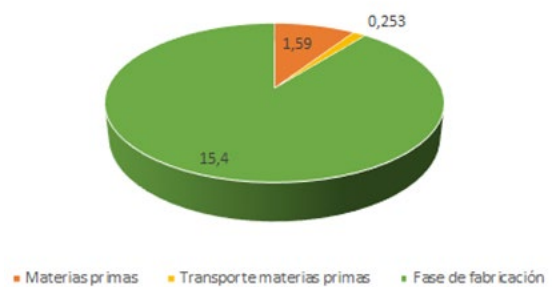


Figura 5: Ridere: Matriz MET


	<p>M</p> <p>USO DE MATERIALES</p>	<p>E</p> <p>USO DE ENERGÍAS</p>	<p>T</p> <p>EMISIONES TÓXICAS</p>
<p>OBTENCIÓN Y CONSUMO DE MATERIALES Y COMPONENTES</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Aluminio 2ª gen. (34.05g) -Aluminio (5.84g) -Aluminio-hierro (35g) -ABS (620.2g) -PVC (1.1g) -Bambú/Eucalipto (1.43g) -Cobre (290g) -Bronce (4.47g) -PET (9.17g) -Caucho (5.6g) -Nylon 6 (0.006g) -Vidrio de cuarzo (5.44g) -GaP (16.93g) 	<ul style="list-style-type: none"> -Transporte de materiales desde distintos puntos del mundo: Europa, China... -Extracción de Cu, Fe. -Uso de combustibles para el transporte de materias, gasoil de los camiones, barcos... 	<ul style="list-style-type: none"> -Al comprar todas las partes ya fabricadas, los gastos referentes a esta fase son los del transporte de estos mismos.
<p>PRODUCCIÓN EN FÁBRICA</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Materiales auxiliares derivados de la producción: soldadura (0,2 kWh); atornillado eléctrico (0,1 kWh); inyección de tubos y depósito (0,4 kWh); soldadura placa base (0,2 kWh) 	<ul style="list-style-type: none"> -Consumo eléctrico dentro de la fabricación -Inyección por moldeo -Soldadura por arco -Fabricación de componente metálicos -Ensamblaje de mecanismos 	<ul style="list-style-type: none"> -Residuos de excedentes de fabricación.
<p>DISTRIBUCIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Cartón para empaquetar -Embale film alveolar (de burbujas) -Pegatina con código QR 	<ul style="list-style-type: none"> -Energía empleada en el embalaje (Eléctrica) -Producción de la caja de embalaje -Embale film alveolar -Gasoil / gasolina / queroseno del transporte 	<ul style="list-style-type: none"> -Carburantes empleados en la distribución -Caja de cartón del embalaje -Plásticos de recubrimiento del producto -Tinta de la impresión
<p>USO O UTILIZACIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Recambio de los cabezales con las cerdas de Nylon. -Agua para la limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> -Consumo eléctrico para la carga y su utilización. 	<ul style="list-style-type: none"> -Consumo de energía. -Aguas residuales. *El cabezal no entra en residuo tóxico al ser de madera.
<p>SISTEMA DE FIN DE VIDA. ELIMINACIÓN FINAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Nada 	<ul style="list-style-type: none"> -Nada 	<ul style="list-style-type: none"> -Reciclaje de aluminio, bobinas de cobre, plásticos de la carcasa, cristal de las bombillas. -Vertidos de los cabezales de bambú, pero es biodegradable.

Tabla 1: Metodología: Alineación entre acciones desarrolladas, resultados esperados y recursos necesarios

ACCIÓN	RESULTADO ESPERADO	RECURSOS NECESARIOS
Acción 1: Reuniones del equipo docente y decisión sobre el tipo de proyecto a realizar.		
Acción 2: Comienzo de la asignatura: Clases expositivas y sesiones de trabajo dirigidas por parte del profesorado.	Plantear a los estudiantes el proyecto a realizar y sus requerimientos de diseño, normativa y legislación bajo los principios de la economía circular.	Recursos propios de la asignatura: aulas de teoría, seminario y laboratorio con software necesario, plataforma virtual colaborativa.
Acción 3: Formación de los equipos de trabajo.	Conseguir equipos eficientes y coordinados, con una adecuada asignación de roles.	
Acción 4: Desarrollo de los trabajos por parte de los equipos. Presentaciones programadas de los trabajos y posterior debate.	Llevar a cabo un flujo de trabajo compartido eficiente, planificado y sincronizado.	Recursos propios de la asignatura: aulas de teoría, seminario y laboratorio con software necesario, plataforma Moodle, recursos para la elaboración de prototipos.
Acción 5: Exposición pública de los trabajos en el contexto de la asignatura.	Exposición y debate interno de los resultados.	
Acción 6: Entrega	Documentar y entregar el trabajo de cada equipo sobre un producto diseñado en el ámbito de la asignatura, de manera que quedase suficientemente conceptualizado y desarrollado en el ámbito de la economía circular incluyendo, además de los criterios propios del diseño industrial, los aspectos medioambientales del ecodiseño.	
Acción 7: Evaluación de los resultados.	Lograr unos resultados y conclusiones que permitan decidir sobre la pertinencia de la propuesta llevada a cabo. Retorno de experiencias.	Software necesario para el análisis de los resultados.
Acción 8: Exposición pública de paneles en una sala propia de la UVa.	Lograr una mayor visibilidad externa de los proyectos realizados en la EII y su contribución a la adquisición de conciencia social en materia de economía circular.	Recursos para la elaboración de cartelería y montaje de la exposición.
Acción 9: Difusión de resultados.	Compartir externamente la experiencia. Asistencia a congresos y generación de publicaciones.	Recursos para asistencia a congresos y publicaciones.

4. Resultados y conclusiones

Una vez finalizada la experiencia expuesta, llevada a cabo en la asignatura Proyectos Técnicos Industriales, se deduce que, en su mayoría, los resultados obtenidos por todos los equipos fueron satisfactorios.

La metodología utilizada ha permitido alcanzar los objetivos de carácter académico propios de la asignatura concretados en la realización de un proyecto industrial completo mediante el trabajo en equipo con asignación de roles y labores de coordinación y liderazgo. Asimismo, se han trabajado y logrado los objetivos específicos, establecidos desde un inicio, para que el alumnado se familiarizara y participara activamente en el diseño de productos en el ámbito de la economía circular.

Tanto la tipología del proyecto que se ha desarrollado como las prácticas educativas llevadas a cabo, han resultado innovadoras y motivadoras para conseguir que los futuros profesionales formados en la EII-UVa alcancen el necesario nivel de formación en materia de Proyectos, en este caso, a través de la concepción de pequeños electrodomésticos sostenibles.

5. Referencias

- Belda, I. (2018). *Economía circular. Un nuevo modelo de producción y consumo sostenible*. Tébar Flores.
- Bocken, N., Pauw, I. de, Conny 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. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>.
- Botelho, A., Ferreira, D. M., Ferreira, C., & Pinto, L. M. (2016). The market of electrical and electronic equipment waste in Portugal: Analysis of take-back consumers' decisions. *Waste Management and Research*, 34(10), 1074-1080. <https://doi.org/10.1177/0734242X16658546>.
- Calvo, C., & Lévy, J. (2020). The Circular Economy Business Model: Examining Consumers' Acceptance of Recycled Goods. *Administrative Sciences*, 10(2), 28. <https://doi.org/10.3390/admsci10020028>.
- Cheng, C. & Chou, H. (2018). Applying the concept of circular economy - Using the cultural difference of European consumers as an example. *2018 IEEE International Conference on Applied System Invention*, 449-452. <https://doi.org/10.1109/ICASI.2018.8394281>.
- Comisión Europea. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Nuevo Plan de acción para la economía circular, por una Europa más limpia y más competitiva. (2020). *COM (2020) 98 final*.
- Escámez Sánchez, J., Peris, J.A., & Escámez Marsilla, J. (2017). Educación de los estudiantes universitarios y gestión de la sostenibilidad. *Perfiles Educativos*, 39(156).
- España. Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. *Boletín Oficial del Estado*, 21 de febrero de 2015, num. 45, p.p. 14211-14312.
- Geywitz, S. (2019). Economía Circular. Implantación en Ingeniería, Fabricación y Diseño. *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación*, 87.
- Hernández-Barco, M., Sánchez-Martín, J., Corbacho-Cuello, I., & Cañada-Cañada, F. (2021). Emotional Performance of a Low-Cost Eco-Friendly Project Based Learning Methodology for Science Education: An Approach in Prospective Teachers. *Sustainability*, 13(6), 3385; <https://doi.org/10.3390/su13063385>.
- Horvath, B., Bahna, M. & Fogarassy, C. (2019). The ecological criteria of circular growth and the rebound risk of closed loops. *Sustainability*, 11(10), 2961. <https://doi.org/10.3390/su11102961>.

- IHOBE, Sociedad pública de Gestión Ambiental (2021). *Indicadores de economía circular. Euskadi 2021. Marco de seguimiento europeo.*
- Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A., & Hekkert, M. (2018). Barriers to the circular economy: Evidence from the European Union (EU). *Ecol. Econ.* 2018, 150.
- Nieves, L.M., & Morales, W.A. (2022). An overview of the gap between the consumer's attitude and behavior in the circular economy. *Tendencias* 23(1).
- Redondo, J.M., Ibarra-Vega, D., Monroy, L., & Bermúdez, J. (2018). Assessment strategies for the integral management of waste electrical and electronic equipment-WEEE. *DYNA*, 85(205). <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n205.62564>.
- Sani, D., Picone, S., Bianchini, A., Fava, F., Guarnieri, P., & Rossi, J. (2021). An Overview of the Transition to a Circular Economy in Emilia-Romagna Region, Italy Considering Technological, Legal-Regulatory and Financial Points of View: A Case Study. *Sustainability* 13(596). <https://doi.org/10.3390/su13020596>.
- Suppipat, S., Teachavorasinskun, K., & Hu, A. (2021). Challenges of Applying Simplified LCA Tools in Sustainable Design Pedagogy. *Sustainability*, 13(4), 2406.
- Zito, M. (2014). La ética del diseño sustentable. *Centro de Estudios en Diseño y Comunicación, Cuaderno 48.*

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

