

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Proyecto DiCE: Digital Health in the Circular Economy

Circularidad en dispositivos de electromedicina



CONAMA 2024

PROYECTO DICE: CIRCULARIDAD EN DISPOSITIVOS DE ELECTROMEDICINA

Autor Principal: Enrique Redondo (ECOLEC Waste Hub)

Otros autores: María José Hernández (Fundación INTRAS); María Anta (WEEE Forum); Sandra Álvarez (ECOLEC Waste Hub).

PROYECTO DICE: CIRCULARIDAD EN DISPOSITIVOS DE ELECTROMEDICINA (DIGITAL HEALTH IN THE CIRCULAR ECONOMY)

RESUMEN

El Proyecto DiCE está enfocado en promover la **circularidad de dispositivos electrónicos médicos y de atención sociosanitaria** a través de la reutilización, reacondicionamiento, remanufactura y óptimo reciclaje. En la actualidad los residuos de estos aparatos son bien depositados junto con los residuos domésticos o en el caso de los centros sanitarios son en muchos casos gestionados junto a los residuos infecciosos por lo que son incinerados.

Para lograr esta circularidad, se trabaja en prácticas de **ecodiseño**, de **estrategias motivacionales** innovadoras diseñadas bajo enfoques participativos y un plan eficiente de **logística inversa**, así como de recuperación de los dispositivos, de sus componentes o de sus materiales.

Uno de los puntos clave del proyecto DiCE es la **involucración de los usuarios finales** en el proceso, tanto de los profesionales del ámbito sociosanitario como de los ciudadanos. Este enfoque ha permitido adaptar las estrategias motivacionales (*nudging strategies*) de manera más efectiva para fomentar la devolución correcta de estos dispositivos electrónicos una vez usados, impulsando a los usuarios a participar activamente en la logística inversa.

El proyecto DiCE contempla la implementación de **pilotos confirmatorios** en 2025 en España, Eslovenia y Bélgica, donde se evaluarán la efectividad de las estrategias motivacionales o de impulso, la conveniencia de los diferentes sistemas de devolución, la aceptabilidad de

contenedores inteligentes y la preferencia de puntos estratégicos de recogida selectiva. Además, se probarán las soluciones de logística inversa y los procesos de clasificación de los dispositivos recogidos para determinar su estado y el mejor destino dentro de las estrategias circulares: **reutilización, reacondicionamiento, recuperación de componentes o reciclaje**.

Contenido

Resumen.....	3
1. Introducción. Descripción del Problema.....	4
2. Descripción del Proyecto	6
3. Resultados preliminares.....	9
3.1 Ecodiseño	9
3.2. Empleo de metodologías participativas.....	11
3.3. Logística inversa y gestión circular.....	17
4. Pilotos confirmatorios.....	19
5. Modelos de Negocio y Aspectos Regulatorios.....	21
6. Próximas Acciones en el Proyecto	22
7. Conclusiones	22
Referencias y Bibliografía	24

1. INTRODUCCIÓN. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El uso de dispositivos digitales en el ámbito de la atención sanitaria se ha intensificado en los últimos años tal como se muestra en la Figura 1, creciendo a un ritmo anual cercano al 20% (Bucaille, 2021). Ejemplos de estos productos innovadores incluyen tanto aparatos de uso hospitalario, como bisturís electrónicos, como aparatos de uso personal, tales como pastilleros inteligentes, dispositivos de monitorización remota del paciente e incluso sistemas automatizados para la dosificación de medicamentos. Sólo en el año 2020, se comercializaron 83 millones de unidades de dispositivos médicos portátiles en el mercado europeo (Butt, 2019).

Si bien esta transformación digital del sector de la salud mejora significativamente la calidad de vida de los pacientes y optimiza la asistencia sanitaria, también presenta el problema del crecimiento considerable en la generación de desechos electrónicos, algunos de ellos potencialmente infecciosos.

■ Dispositivos y sensores médicos portátiles

Número de unidades enviadas
globalmente (millones)
2021-2024

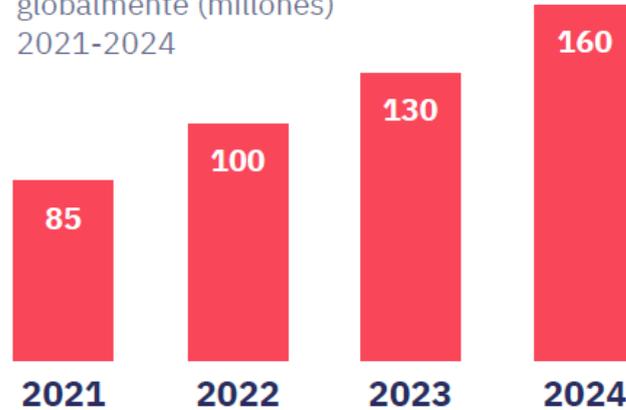


Figura 1: Crecimiento global del mercado dispositivos y sensores médicos portátiles (Bucaille, 2021)

Además, estos dispositivos utilizados en electromedicina contienen materias primas esenciales para la economía europea y, por extensión, la española. Por ello, se necesita un nuevo enfoque hacia la economía circular que permita su recuperación, reutilización, reacondicionamiento y, en su fase final, su óptimo reciclaje. Según el último informe del Global E-Waste Monitor (International Telecommunication Union (ITU) and United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), 2024) tan sólo el 42.8% de los residuos electrónicos generados se reciclaron de forma adecuada en la Unión Europea en 2022, mientras que la tasa global se situó en un 22.3%. Este creciente flujo de residuos supone un reto significativo en términos de gestión y sostenibilidad.

La experiencia de ECOLEC, muestra que las tasas de retorno de los dispositivos de electromedicina personal usando simplemente instrucciones al usuario se encuentran en el orden del 35 % (ECOLEC, 2024); desconociéndose el destino del resto que son bien depositados junto a la basura doméstica o simplemente almacenados por el usuario. En el caso de los dispositivos de uso hospitalario, dada su carácter potencialmente infeccioso son en muchos casos sujetos a un proceso de esterilización y/o incineración lo que dificulta su reutilización la la recuperación de componentes o materiales.



Figura 2: El problema en cifras

Finalmente, es importante destacar que el sector de la salud es una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero, representando un 5% de las emisiones globales (Robinson, 2023). En este contexto, la implementación de estrategias de circularidad en los dispositivos electrónicos usados en este sector puede contribuir de manera significativa a los esfuerzos de reducción de su impacto en el cambio climático.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El **Proyecto DiCE** (Digital Health in the Circular Economy: <https://circulardigitalhealth.eu/>), financiado por el programa Horizon Europe (referencia ID 101060184, 2022-2026) de la Unión Europea, tiene como objetivo fundamental prolongar la vida útil de los dispositivos de electromedicina con el fin de avanzar en la circularidad de los mismos y de sus componentes y materiales. El Proyecto DiCE está liderado por la empresa del sector de la salud **Janssen Pharmaceutica NV** e involucra a 20 organizaciones de nueve países (Figura 3), abarcando el ciclo de vida integral de estos dispositivos: concepción inicial, diseño, fabricación, uso y gestión al final de su vida útil. Por parte española participan en DiCE **Fundación INTRAS** (<https://www.intras.es/>), del sector sociosanitario, y **ECOLEC WASTE HUB** (<https://ecolec.es/>), del sector de la gestión de residuos. Junto a estas dos organizaciones, **WEEE FORUM** (<https://www.weee-forum.org>), la asociación europea que agrupa a los sistemas de responsabilidad ampliada del productor en materia de residuos aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), ha participado en la preparación de esta Comunicación.

CONAMA 2024

PROYECTO DICE: CIRCULARIDAD EN DISPOSITIVOS DE ELECTROMEDICINA



Figura 3: Participantes en el Proyecto DiCE y su distribución geográfica

Para alcanzar sus objetivos, DiCE se articula en una serie de paquetes de trabajo (Figura 4 interrelacionados, que se centran en las siguientes áreas claves:

- **Ecodiseño** para incorporar características que prioricen opciones circulares óptimas en todas las fases del ciclo de vida de los productos de electromedicina.
- **Fomento de la recogida** para aumentar la cantidad de dispositivos digitales segregados.
- **Logística inversa** para garantizar el retorno de un mayor número de dispositivos digitales para reacondicionamiento o remanufactura.
- **Procesos de reacondicionamiento y remanufactura** para extender la vida útil de los dispositivos digitales.
- **Reciclaje** para maximizar la recuperación de materiales presentes en dichos dispositivos.

CONAMA 2024

PROYECTO DICE: CIRCULARIDAD EN DISPOSITIVOS DE ELECTROMEDICINA

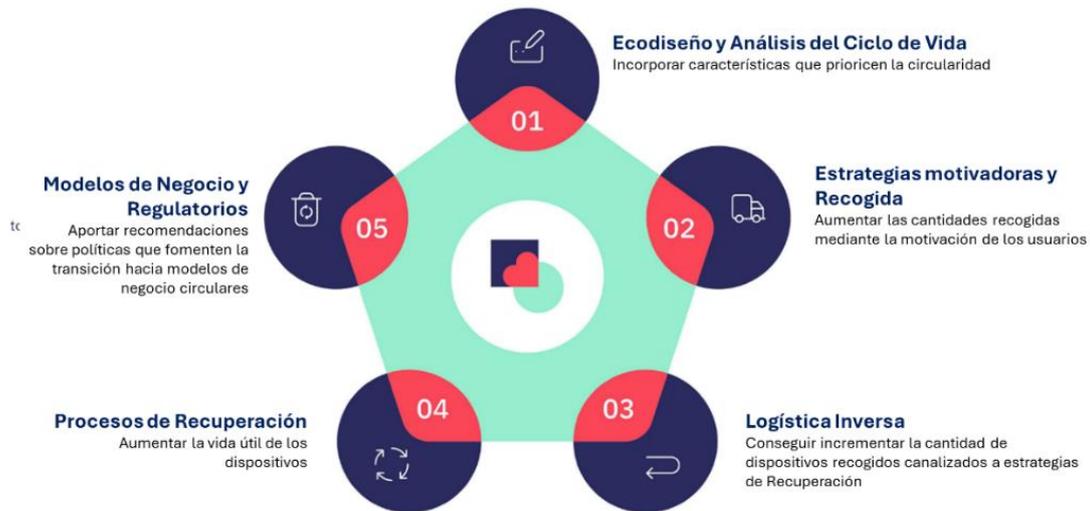


Figura 4: Esquema General del Proyecto DiCE (Ducheyne, 2024)

Si bien el proyecto DiCE centra sus acciones en cuatro tipos de dispositivos de electromedicina, dos de uso hospitalario (endocortador y etiqueta electrónica) y dos de uso doméstico (pastillero inteligente y parche de monitoreo), el resultado será un **modelo replicable y escalable** a cualquier dispositivo de electromedicina, permitiendo la transición de la industria sanitaria desde un modelo de negocio fragmentado y lineal hacia uno **circular y sostenible**.

Un aspecto esencial de este proceso es comprender el comportamiento del consumidor para garantizar que las soluciones implementadas se alineen con los hábitos y preferencias de los usuarios. Por ello, las innovaciones de producto y las estrategias sostenibles definidas se implementarán, probarán y validarán a través de pilotos con participación comunitaria en diferentes sistemas de salud europeos: Flandes (Bélgica), Maribor (Eslovenia) y Valladolid (España). En estos pilotos confirmatorios se plantea el uso de estrategias motivacionales o *nudging strategies*¹, equivalentes a las que se muestran como ejemplo en la Figura 5.

¹ Se denominan *Nudging Strategies*, o en español estrategias motivacionales o incentificadoras, a aquellas acciones en las que el usuario participa activamente de una manera intuitiva y no coercitiva (Figura 5); es decir que no estén basadas en obligaciones o prohibiciones (Thaler, 2008).



Figura 5: Ejemplos de estrategias motivacionales (*nudging strategies*)

3. RESULTADOS PRELIMINARES

A continuación, se describen las principales acciones, los avances y los resultados preliminares alcanzados en el Proyecto DiCE hasta la fecha, así como los planes futuros en su implementación.

3.1 Ecodiseño

El **ecodiseño** constituye la primera pieza en la que se articula la estrategia de circularidad del Proyecto DiCE. Se trata de incorporar, desde la fase de concepción y de diseño del producto, criterios que permitan hacerlo más sostenible, prolongar su vida útil y favorezcan múltiples usos.

Aunque los participantes españoles no están llevando a cabo estas actividades directamente, sí aportan contribuciones a través de Fundación INTRAS y ECOLEC, enfocándose en (i) criterios de usabilidad, en el desarrollo de estrategias motivacionales, y en (ii) la gestión de los dispositivos retornados.

Hasta la fecha, las acciones de ecodiseño se han centrado en tres de los productos de referencia (Figura 6): el **pastillero inteligente**, de uso personal y que se validará en los pilotos, la **etiqueta electrónica**, utilizada en centros sanitarios durante ensayos clínicos, y el **endo-cortador o endograpadora**, ampliamente utilizado en cirugía quirúrgica.

CONAMA 2024

PROYECTO DICE: CIRCULARIDAD EN DISPOSITIVOS DE ELECTROMEDICINA



Figura 6: Tipos de dispositivos de electromedicina usados como referencia en el Proyecto DiCE

En primer lugar, se llevó a cabo un análisis del estado de circularidad de estos dispositivos, identificando tanto las barreras como las oportunidades existentes. Entre las recomendaciones derivadas de este análisis se incluyen aspectos relacionados con la simplificación de materiales, la modularidad, la recuperación de componentes, la optimización de procesos de desmontaje y modularidad, así como la facilitación de la esterilización y limpieza e incluso el uso de biomateriales (Hoveling, 2024).

Asimismo, se ha realizado un Análisis de Ciclo de Vida (desde la producción hasta el final de uso) de una endograpadora quirúrgica que muestra claramente la ventaja medioambiental resultante de una adecuada gestión del producto al final de su vida útil frente a la solución actual de incineración (Figura 7). No obstante, este beneficio ambiental se ve mitigado en parte por el impacto de los procesos de esterilización y limpieza que se requieren para su reutilización segura (Muindi, 2024).

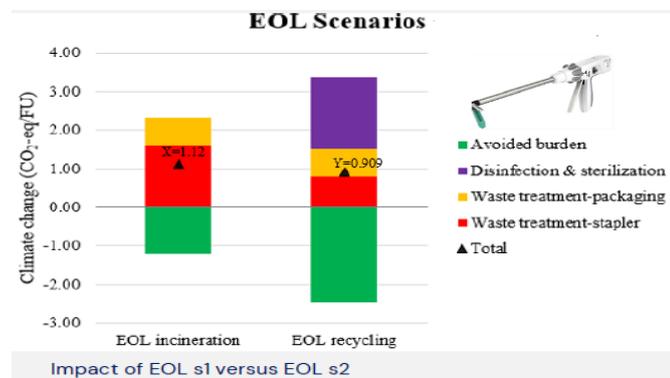


Figura 7: Comparativa resultados de análisis de ciclo de vida de una endograpadora quirúrgica: incineración vs reciclado de componentes (Muindi, 2024).

Por otra parte, los **análisis de reciclabilidad** realizados sobre los pastilleros inteligentes revelan el potencial de mejora implantando estrategias de ecodiseño, pasando de niveles inferiores al 5% de la tasa de reciclabilidad actual (ya que se recuperan casi exclusivamente las fracciones metálicas) a valores superiores al 65% (MIREC, 2024 (pendiente de publicación)).

Finalmente, y como resultado de los trabajos realizados, se ha publicado un **Catálogo de buenas prácticas, oportunidades y barreras** en relación a la circularidad de los dispositivos médicos digitales (DiCE, 2024). Entre las mejores prácticas se destacan la reformulación de productos, el fomento de su reutilización y remanufactura, la compatibilidad de aplicaciones y componentes, su adaptabilidad, y la gestión eficiente de los residuos generados. Por otro lado, las barreras identificadas incluyen las reticencias derivadas de la seguridad del producto o del paciente, limitaciones normativas, e incluso complejidades logísticas adicionales para el usuario.

3.2. Empleo de metodologías participativas

Una de las características más relevantes y diferenciadoras del Proyecto DiCE es el empleo de metodologías participativas para conseguir información de los potenciales usuarios, tanto en cuanto al diseño de los productos como en cuanto a la viabilidad de las estrategias motivacionales de circularidad. Fundación INTRAS (<https://www.intras.es/>) ha sido quién ha liderado esta acción en España, con la contribución del resto de actores, y ha coordinado las acciones con las actividades similares realizadas en Bélgica y en Eslovenia.

A fin de avanzar en la circularidad es imprescindible involucrar a los usuarios finales de los dispositivos sanitarios digitales en el proceso de logística inversa, de forma que se fomente la solidaridad al promover el uso responsable de los recursos sanitarios, así como una gestión adecuada de los residuos electrónicos. Esta implicación propicia un sentido de ciudadanía responsable y apoya la innovación transformadora. La participación ciudadana es vital para fomentar cambios de actitud e impulsar transformaciones significativas. Esto se ha realizado a través de los *Living Labs*, que constituyen una infraestructura ideal para la cocreación y el ensayo de soluciones innovadoras.

Los Living Labs (<https://enoll.org/>) son ecosistemas de innovación abierta en entornos reales que utilizan procesos iterativos de retroalimentación a lo largo del ciclo de vida de una innovación para crear un impacto sostenible. Se centran en la cocreación, la producción rápida de prototipos y pruebas y la ampliación de innovaciones, proporcionando (diferentes tipos de) valor conjunto a las partes interesadas. En este contexto, los Living Labs actúan como orquestadores entre ciudadanos, organizaciones de investigación, empresas y agencias gubernamentales.

El ecosistema de los Living Labs facilita la participación activa de los usuarios finales y la integración de tecnologías emergentes, creando un entorno dinámico para la investigación, la innovación y el desarrollo. En un mundo definido por la rapidez de los cambios, la búsqueda de soluciones a los retos sociales, motivacionales y medioambientales se ha vuelto más compleja. Los enfoques que dan prioridad a la creación de colaboraciones estrechas y activas con las comunidades y los usuarios están ganando terreno. Características como la apertura,

CONAMA 2024

PROYECTO DICE: CIRCULARIDAD EN DISPOSITIVOS DE ELECTROMEDICINA

flexibilidad, accesibilidad, personalización y empoderamiento son esenciales para fomentar la participación de los usuarios en todo el proceso de diseño.

Las metodologías participativas se consideran importantes para un ecodiseño eficaz, ya que se basan en la implicación activa de las partes interesadas en el proceso de diseño. En los enfoques participativos, las partes interesadas se convierten en participantes y codiseñadores del proceso de diseño, y no en meros receptores pasivos de los avances. Los Living Labs pretenden abordar los retos sociosanitarios integrando las perspectivas de los diversos actores a través de estas metodologías participativas y enfoques colaborativos.

Hoy en día, la posición central de la cocreación (que integra el coanálisis, el codiseño, la coproducción, la coevaluación y la coimplementación) como estrategia de innovación sociosanitaria es incuestionable. Capacitar a los ciudadanos para que influyan directamente en las soluciones y contribuyan a las innovaciones elaboradas "con" y "por" ellos es más gratificante que limitarse a crear soluciones en su nombre.

La cocreación con las partes interesadas ofrece una garantía contra el fracaso tecnológico y favorece una aplicación más amplia de la innovación. Adoptando un enfoque participativo y un marco de cocreación, resulta factible reducir los principales obstáculos a la aplicación de soluciones innovadoras en el ámbito de la salud digital y la gestión de residuos electrónicos.

En el contexto de DiCE, para determinar las preferencias de los ciudadanos en relación con los distintos métodos de recogida y devolución de dispositivos sanitarios digitales, se organizaron varias actividades basadas en metodologías participativas tal como se muestra en la Tabla 1 a continuación.

Tabla 1: Living Labs. Metodologías participativas utilizadas en el Proyecto DiCE

Metodología	Tipo de acción
Maratones Sostenibles <i>Sustain-a-thons</i>	Análisis conjunto entre profesionales y ciudadanos sobre las percepciones y potenciales soluciones
Sprints de Diseño <i>Design Sprints</i>	Consultas abiertas con profesionales y pacientes para la definición de estrategias motivacionales innovadoras, adaptadas a las necesidades y preferencias de la ciudadanía
Cocreación	Sesiones con los usuarios finales a fin de determinar las motivaciones de uso de las soluciones propuestas.
Piloto a pequeña escala	Testeo de los prototipos motivacionales desarrollados en usuarios (pacientes y familias)

Fuente: Fundación INTRAS

En abril de 2023 se celebró en Valladolid la tercera sesión del maratón sostenible DiCE, o *Sustain-a-Thon*, organizado por Fundación INTRAS y Games for Health (<https://gamesforhealth.net/>).

Esta actividad participativa pretendía explorar cómo reducir el impacto medioambiental de los residuos electrónicos médicos profundizando en los hábitos de uso y las necesidades de los profesionales sociosanitarios y los ciudadanos. Investigar las diferentes percepciones de estos temas es esencial para indagar nuevos conceptos y estrategias sobre cómo lograr un cambio de

comportamiento sostenible. Así, aportando una nueva perspectiva sobre el asunto, más de 30 personas se unieron a nuestro último *sustain-a-thon* en España (

Figura 8), incluyendo profesionales con diferentes conocimientos (profesionales sociales y sanitarios, investigadores, fabricantes, ingenieros, profesionales del sector del reciclaje, representantes de las administraciones públicas) pero igualmente conocedores del campo de la circularidad y el ecodiseño, y diferentes generaciones de ciudadanos.



Figura 8. *Sustain-a-thons*

La sesión, al igual que se hizo en Bélgica y Eslovenia, se centró en la búsqueda de experiencias personales y motivaciones para el reciclaje de dispositivos sanitarios digitales, a través de un intercambio de ideas, opiniones y discusiones mutuas, dando lugar a logros y percepciones muy interesantes dado el carácter multidisciplinar de los grupos de trabajo. Durante el taller se propusieron ideas relevantes y soluciones potenciales para el reciclado, reacondicionamiento, remanufactura y reutilización de residuos electrónicos, además de identificar múltiples limitaciones y barreras que dificultan este proceso.

Las soluciones propuestas durante nuestras sesiones han sido analizadas en detalle por el consorcio DiCE para determinar su viabilidad técnica y económica real, así como su impacto a largo plazo. Dado que se han realizado los mismos ejercicios en tres países distintos, el consorcio ha comprendido mejor las diferentes motivaciones, no sólo vinculadas al género, la edad y las preferencias, sino influidas por la ubicación y la cultura.

Tras la realización de los *Sustain-a-thons*, se procedió a llevar a cabo los Sprints de Diseño o ***Design Sprints*** (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. . El objetivo de esta actividad fue ir avanzado en la definición de las primeras estrategias motivacionales innovadoras, adaptadas a las necesidades y preferencias de la ciudadanía, a través de la consulta abierta a los profesionales sanitarios y los ciudadanos, para recoger y reciclar los residuos electrónicos de los dispositivos tecnológicos sociosanitarios, con varios ciclos de iteración donde se han ido redefiniendo dichas estrategias.

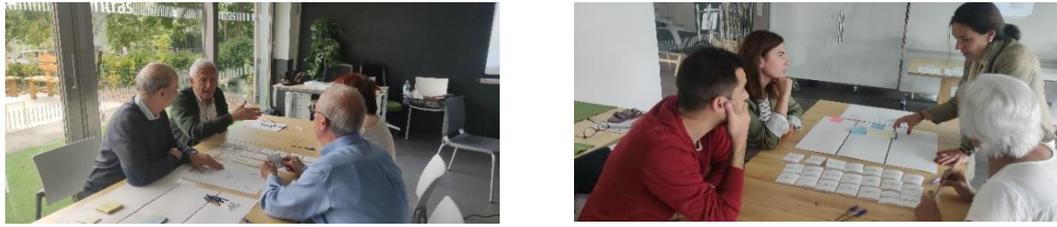


Figura 9: Sprints de Diseño (Design Sprints)

En esta fase del proyecto DiCE, tras examinar detenidamente los resultados preliminares de las anteriores sesiones de Sustain-a-thons, los investigadores se centraron en dos productos concretos: el pastillero inteligente y un sensor de monitorización inteligente.

Concentrarse únicamente en dos productos permitió a los participantes y a los investigadores profundizar en los detalles y señalar características que de otro modo pasarían desapercibidas. Tras una breve sesión introductoria, se plantearon a los participantes las siguientes tareas:

- Comprender las estrategias de impulso desarrolladas anteriormente y decidir si son viables, así como analizar por qué los ciudadanos reciclan o no.
- Realizar una lluvia de ideas para los dos productos en cuestión, sopesar los pros y los contras y, por último, votar la mejor solución.
- Repetir y comparar las notas de los distintos grupos.
- Una vez encontrada la solución ideal, es hora de hacer un juego de roles. ¿Quién quiere ser el cliente que nunca está satisfecho y cómo podemos responder a las preguntas que se plantean?
- Por último, reflexionar sobre todo el proceso y compartir los próximos pasos.

Siete participantes se unieron al sprint de diseño en España en junio de 2023, entre ellos dos profesionales sociosanitarios, dos profesionales del sector del reciclaje y tres ciudadanos. En el sprint de diseño se propició un espacio de trabajo con resultados muy prometedores, interesantes reflexiones y posibles estrategias de impulso para la recogida, reciclaje, reacondicionamiento, remanufactura y reutilización de residuos electrónicos, además de identificar los valores más valiosos que pueden impulsar este proceso.

Finalmente se procedió a llevar a cabo las sesiones de *cocreación* (Figura 10). Siendo éste el primer paso en un proceso de diseño participativo y crucial para comprender en profundidad los hábitos y necesidades de los usuarios finales. Ello permite hablar abiertamente con los usuarios finales sobre los retos y oportunidades a los que se enfrentan y averiguar qué les motivaría a utilizar la solución propuesta en su vida cotidiana.

Los Living Labs que participan en el proyecto DiCE (LiCalab - Living & Care lab, Living Lab ORBITaLA - RDAPM, y MindLab - Intras Living Lab) llevaron a cabo estas sesiones de *cocreación*, en las que participaron 228 ciudadanos de diferentes grupos de edad, en tres países: Bélgica, Eslovenia y España. En concreto, en España se involucraron a un total de 76 participantes de diferentes grupos de edad.



Figura 10: Sesiones de Cocreación

El objetivo de estas actividades era identificar los puntos físicos ideales para la recogida de dispositivos sanitarios digitales usados y la evaluación de estrategias de incentivación que pudieran motivar a los participantes a crear comportamientos más sostenibles.

Las principales conclusiones abarcaron cuatro temas importantes: los métodos de recogida de residuos electrónicos, la evaluación de un contenedor de recogida inteligente por GRIN (socio del proyecto), el desarrollo y la evaluación de estrategias motivacionales, y el papel de las partes interesadas en la economía circular.

Para definir estas estrategias motivacionales, tras el feedback recogido en las sesiones de Sustain-a-thons, los sprints de diseño y las sesiones de cocreación, los siguientes pasos fueron la realización de *pilotos a pequeña escala*.

En esta fase del proyecto DiCE, se diseñaron 4 prototipos motivacionales e inspiradores (Figura 11) que acompañarán a los pastilleros electrónicos. Estos prototipos motivacionales fueron resultantes de las ideas surgidas en las fases anteriores del proyecto y su objetivo es el motivar a los usuarios a retornar los dispositivos sanitarios (*nudging strategy*).

CONAMA 2024

PROYECTO DICE: CIRCULARIDAD EN DISPOSITIVOS DE ELECTROMEDICINA



Figura 11: Prototipos motivacionales diseñados

En abril de 2024 se llevó a cabo una primera ronda de los pilotos a pequeña escala y en junio una segunda en los Living Labs de distintos países involucrados en DiCE.

Cada ronda del piloto duró aproximadamente una semana en la que participaron un total de 4 familias por país (2 familias por ronda).

En estas pruebas piloto a pequeña escala, los participantes pudieron expresar libremente sus opiniones. El protocolo del estudio se centró en:

- Una primera fase que consistió en verbalizar en voz alta sus primeras impresiones al recibir los prototipos que contenían una serie de estrategias motivacionales a fin de fomentar el retorno para su reutilización o aprovechamiento posterior, entre las que se encontraban:
 - i. Creación de una cadena (conexión social) mediante la documentación de un paso de testigo de un usuario al siguiente. Por ejemplo, una carta personal de un usuario anterior y solicitando que se hiciera lo mismo para el siguiente.
 - ii. Fomento de comportamientos sostenibles mediante mensajes motivadores mostrando las ventajas medioambientales.
 - iii. Fomento de comportamientos sostenibles basado en actividades lúdicas e incluso una recompensa ligada al retorno del producto.
 - iv. Explicación de los riesgos medioambientales (presencia de sustancias contaminantes, potencial contaminación de aguas o suelos, etc.) derivados de

una mala gestión del dispositivo tras su uso con la indicación de la conveniencia de retornarlo a un punto de recogida.

- Una segunda fase en la que pudieron utilizar los diferentes prototipos durante 4 días, reflejando sus comentarios en un diario de actividades.
- Y, una última fase, en la que se realizó una entrevista semiestructurada a cada familia para que pudieran aportar todos sus comentarios de satisfacción, posibles mejoras, modificaciones, etc.... sobre estos prototipos.

Con la información obtenida en los tres países durante las pruebas piloto a pequeña escala de abril de 2024, los diseños se perfeccionaron para la segunda ronda de junio de 2024.

Durante esta segunda ronda, otras familias volvieron a expresar libremente sus opiniones siguiendo los mismos pasos que en la ronda anterior, pero con los diseños modificados en función de los comentarios previos.

Todos estos pasos del proyecto DiCE (sesiones Sustain-a-thons, sprints de diseño, sesiones de cocreación y pilotos a pequeña escala) sirvieron tanto

- i. para elegir aquellos diseños y estrategias que más motivarían a los usuarios para retornar los productos tras su uso:
 - Identificación de los riesgos ambientales
 - Compromiso cívico
 - Recuperación de materiales
- ii. así como como para identificar los lugares que consideran idóneos para retornar los productos, los cuales que deberían cumplir lo más posible con los siguientes criterios:
 - Proximidad
 - Facilidad de uso, priorizando la naturalidad y la compatibilidad con las actividades habituales
 - Garantía de la gestión adecuada
 - Gratuidad

Teniendo en cuenta las necesidades y preferencias de los usuarios finales se seleccionaron los métodos de retorno (logística inversa) a evaluar en el piloto confirmatorio que se prevé llevar a cabo en el primer semestre de 2025 y cuyo objetivo será el evaluar el sistema circular completo en condiciones reales. Los métodos de retorno que se plantean son tanto el servicio postal como el depósito por parte del usuario en lugares de proximidad que generan confianza como farmacias, centros sanitarios, centros municipales o comercio de proximidad.

3.3. Logística inversa y gestión circular

Para favorecer que los dispositivos electrónicos sanitarios usados tengan una correcta reutilización, reacondicionamiento, remanufactura y/o reciclaje, es fundamental iniciar la

PROYECTO DICE: CIRCULARIDAD EN DISPOSITIVOS DE ELECTROMEDICINA

recogida de los mismos entre los usuarios finales; no sólo mediante el empleo de estrategias de motivación y empuje, tal y como hemos visto anteriormente, sino también a través de sistemas adecuados de logística inversa para maximizar las tasas de retorno.

En este contexto, el proyecto DiCE busca implementar un plan de **logística inversa** eficiente para la recogida segregada, el transporte y la gestión de este tipo de productos electrónicos. Además, el objetivo es no sólo administrar flujos, sino hacerlo de modo que los dispositivos preserven su estado más óptimo para las diferentes estrategias de circularidad.

Para ello, ECOLEC WASTE HUB ha trabajado, bajo la coordinación del WEEE FORUM y junto con los sistemas de responsabilidad ampliada del productor para RAEE de Bélgica y Eslovenia que participan en el Proyecto DiCE, en la definición de los procesos de logística inversa que maximicen la recogida de estos dispositivos una vez usados y, posteriormente, garantizar su gestión efectiva, enfocándose en la recuperación de los mismos, de sus componentes o de sus materiales (Figura 12).

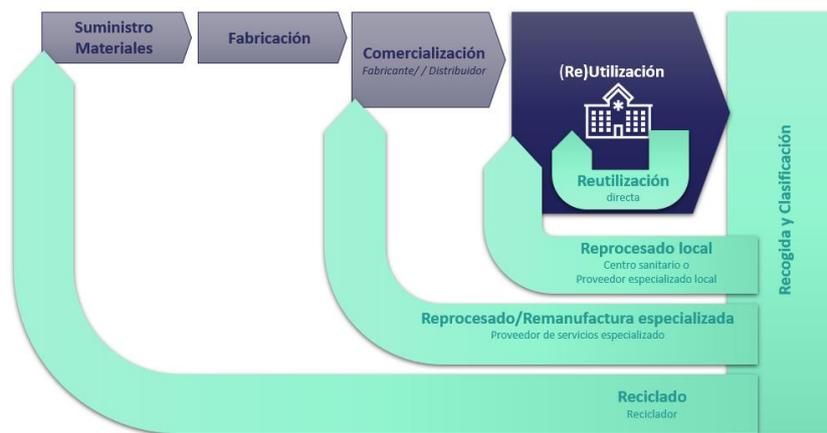


Figura 12: Bucles de retorno de producto. Proyecto DiCE

Siguiendo una lógica procesal, el diseño de estos procesos de logística inversa, en una primera fase, se ha centrado en los pastilleros inteligentes. Los resultados de los procesos de participación e involucración de los usuarios en cuanto a los factores motivadores de la recogida y los canales para la devolución de los dispositivos han resultado de gran ayuda. Además, se han incorporado cuestiones de seguridad, tanto de las personas intervinientes en la cadena de retorno como del propio producto.

Dentro del diseño de los procesos de logística inversa y de gestión de residuos se ha procedido a realizar un estudio exhaustivo de la normativa aplicable tanto en el campo de residuos como en cuanto a los dispositivos médicos. Como resultado se han identificado barreras significativas en cuanto a:

- Definición de residuo de los aparatos tras su uso.
- Requisitos administrativos y técnicos que afectan a los puntos de recogida y al traslado de los residuos.

- Requisitos específicos aplicables a los residuos potencialmente infecciosos, que en muchos casos obligan a una esterilización previa a cualquier operación de recuperación.

4. PILOTOS CONFIRMATORIOS

El sistema circular completo en condiciones reales será validado en los denominados **pilotos confirmatorios**, previstos para el segundo trimestre del 2025. La eficacia combinada de estrategias de motivación previamente identificadas y métodos de recogida adecuados, así como de las soluciones de logística inversa adecuadas que aseguren la preservación de los dispositivos en condiciones óptimas para maximizar su circularidad serán claves para lograr el objetivo previsto de recuperación de al menos un 70% de los dispositivos desplegados durante estos ensayos.

Los pilotos confirmatorios de recogida se realizarán en Valladolid (España), en Maribor (Eslovenia) y en Flandes (Bélgica). En todos los casos, la dinámica del piloto consistirá en que el conjunto muestra de usuarios reciba pastilleros inteligentes como parte de una supuesta campaña sobre usabilidad y manejabilidad de este producto médico. La muestra en cada localidad será de unos 150 ciudadanos. Cada muestra se dividirá a la vez en tres grupos de diferente sexo y edad, y cada grupo será objeto de una estrategia motivadora. Para dar cobertura a la supuesta campaña, cada participante de cada grupo recibirá en total tres pastilleros de diferentes marcas (Figura 13). En total, se desplegarán 150 pastilleros por prueba piloto y cada participante deberá probar cada dispositivo por un periodo de un mes y reportar sobre los factores de uso y manejo. Las estrategias motivacionales serán fundamentales a la hora de que el usuario devuelva o no el producto y su validación en un contexto real es el objetivo principal de los pilotos confirmatorios.

Los canales de retorno disponibles en todos los casos serán el servicio postal y una red de diez puntos de recogida en lugares de acceso público. Para el caso de España, la normativa no permite el uso del servicio postal para el traslado de residuos y, además, establece restricciones en cuanto a la peligrosidad de los objetos que se pueden transportar, como por ejemplo los objetos punzantes o que puedan ser infecciosos (CORREOS, 2024). Sin embargo, los pastilleros inteligentes objeto del piloto (Figura 13) no presentan estos riesgos, por lo que sí podrán ser retornados a través del servicio de CORREOS. En la actualidad, ECOLEC WASTE HUB está trabajando junto con CORREOS en definir el modelo y las condiciones que permitan el retorno gratuito para el usuario, ya sea mediante prepago o por pago por uso; e igualmente en cuanto al uso de los canales de recogida (oficina, buzón u otros). Se debe recalcar que todo lo anterior conlleva implicaciones logísticas y económicas que deberán tenerse en cuenta en una futura escalabilidad de la solución.

CONAMA 2024

PROYECTO DICE: CIRCULARIDAD EN DISPOSITIVOS DE ELECTROMEDICINA



Figura 13: Pastilleros inteligentes a usar en los pilotos confirmatorios

Alternativamente, los usuarios podrán depositar estos dispositivos digitales usados en una selección de puntos de recogida dispuestos en centros públicos, centros de atención sanitaria, farmacias o comercios de proximidad. En estos puntos se instalarán contenedores inteligentes (Figura 14) que permitirán su apertura automática mediante la lectura de códigos QR en etiquetas o envases, como el que se muestra en la Figura 15 o en un futuro a través de la lectura del pasaporte digital (Ducheyne, 2024). De esta forma, en estos contenedores se podrán depositar estos dispositivos u otros dispositivos de electromedicina compatibles, como termómetros, pulsómetros, tensiómetros, sensores, etc. Los sistemas de captura de imágenes e información de los contenedores serán capaces de identificar los productos retornados y dispondrán, así mismo, de un sistema de alerta de llenado que activará la solicitud de recogida en caso de que sea preciso.

Así, los pilotos confirmatorios no sólo se validarán las diferentes estrategias de impulso definidas en etapas previas, sino las preferencias de elección de la modalidad de retorno y del tipo de punto de recogida físico. Además, el ensayo permitirá conocer la posible aceptación de una recogida selectiva de dispositivos electrónicos relacionados con la salud y la identificación de los productos que, como tal, pueden ser depositados.



Figura 14: Contenedores inteligentes para la recogida de dispositivos de electromedicina (GRIN, 2024)

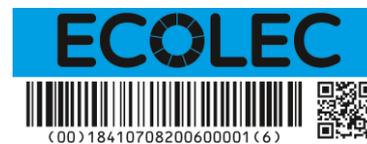


Figura 15: Ejemplo de etiqueta de código QR (WEEE Tracker, ECOLEC)

La retirada de los dispositivos depositados en los contenedores se realizará bien mediante recogidas programadas o bajo demanda por gestores y transportistas autorizados.

Todos los dispositivos recuperados, bien en los contenedores físicos o por envío postal, serán trasladados a un centro de clasificación en el que se analizará su estado y su potencial de reutilización. Aquellos dispositivos que por su estado no sean susceptibles de recuperación mediante acciones de reutilización directa o parcial, recuperación de componentes, reparación o remanufactura serán considerados residuos electrónicos y serán reciclados en plantas autorizadas, de forma que se garantice el cumplimiento de los estándares y la normativa medioambiental, así como el aprovechamiento óptimo de sus materiales.

Como se ha indicado, la efectividad del piloto confirmatorio pasa por alcanzar al menos un 70% de recogidas de los aparatos desplegados. Además, los resultados del piloto deberán permitir extraer conclusiones de viabilidad que permitan su replicabilidad y escalabilidad a escala real.

5. MODELOS DE NEGOCIO Y ASPECTOS REGULATORIOS

El desarrollo de los modelos de negocio circulares es uno de los elementos críticos del Proyecto y para ello es necesaria la información resultante de los pilotos que permitan estimar condiciones de los dispositivos recuperados, tasas de retorno, volumetrías y escalas y costes de las diferentes etapas de los bucles de retorno (Figura 12).

A estas alturas del Proyecto, ya se ha realizado una revisión bibliográfica y un primer análisis de campo de los modelos de circularidad existentes que pivotan alrededor de las siguientes dos dimensiones :

- Producto vs servicio
- Reutilización en punto de uso vs operaciones externalizadas.

De ello resultan cuatro tipos de modelos, cuya aplicación dependerá en gran medida del tipo de producto y tecnología, agentes participantes, valor económico, vida útil del dispositivo y finalmente de los aspectos regulatorios (Rønn, 2024).

Respecto a esto último se ha realizado un análisis de los requisitos legales relacionados tanto con el producto como con la gestión del mismo tras su uso o cuando se convierte en residuo (residuos médicos, RAEE, traslados, obligaciones a los poseedores, etc.) identificándose tanto los requerimientos a tener en cuenta como las barreras existentes.

En cualquier caso, estos aspectos se actualizarán en función de la experiencia adquirida en los pilotos confirmatorios planteados.

6. PRÓXIMAS ACCIONES EN EL PROYECTO

El Proyecto DiCE, actualmente a mitad de ejecución, tiene previstas las siguientes actividades:

- La implantación y ejecución durante el primer semestre de 2025 de los pilotos confirmatorios de recogida en España, así como en Eslovenia y Bélgica.
- La evaluación en un escenario real de las estrategias motivacionales (*nudging strategies*) que involucren de una forma activa a los usuarios y permitan conseguir tasas de recogida superiores al 70%.
- Desarrollar soluciones innovadoras en los procesos de logística inversa, reutilización, remanufactura y fin de vida en base a las experiencias resultantes de los pilotos confirmatorios.
- Finalizar las acciones de ecodiseño de los otros dos productos de referencia en el ámbito de DiCE (la etiqueta electrónica, y el endo-cortador o endograpadora), incluyendo los análisis de ciclo de vida y de reciclabilidad.
- Explorar las opciones de uso del Pasaporte Digital en este tipo de dispositivos digitales sanitarios (Ducheyne, 2024).
- El establecimiento de los Modelos de Negocio circulares que permitan la escalabilidad y replicabilidad de las soluciones desarrolladas a la industria médica y farmacéutica.

El Proyecto DiCE tiene un fuerte compromiso de comunicación y disseminación de sus actividades y resultados. Invitamos a los distintos actores a registrarse como stakeholders del mismo (<https://circulardigitalhealth.eu/get-involved/>), así como a conectarse a sus redes sociales, como por ejemplo a través de LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/circular-digital-health/posts/?feedView=all>. De esta forma, podrán tener acceso a información actualizada sobre las actividades y resultados del Proyecto DiCE.

7. CONCLUSIONES

El proyecto DiCE destaca por integrar a los usuarios como una parte clave del proceso de **gestión sostenible de residuos electrónicos médicos**, dándoles voz para contribuir en la creación de soluciones innovadoras. Este enfoque participativo demostrará que involucrar a los ciudadanos en la toma de decisiones no solo es posible, sino que es esencial para motivar cambios de comportamiento a favor de la **circularidad**.

La implantación de criterios de **ecodiseño** ha demostrado ser un claro impulso de las estrategias de circularidad a lo largo del ciclo de vida de los dispositivos electrónicos, así como una mejora sustancial de las tasas de reciclabilidad.

Asimismo, la **adecuada gestión** del dispositivo médico al final de su fase de uso o fase útil frente a la solución actual de incineración ha mostrado una clara ventaja ambiental sólo mitigado por

CONAMA 2024

PROYECTO DICE: CIRCULARIDAD EN DISPOSITIVOS DE ELECTROMEDICINA

el impacto de los procesos de esterilización y limpieza. En este punto, la **logística inversa** juega un papel fundamental, ya que, sin un sistema de recogida eficiente, sería imposible recuperar los dispositivos en buen estado para óptimo tratamiento. Las tasas de retorno y los costes asociados a **los canales de retorno** y su posible expansión a escala real serán concluyentes para el futuro de las soluciones de DICE.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Bucaille, A. C. (2021). *Wearable technology in health care: Getting better all the time.* . Deloitte Insights.
- Butt, H. M. (2019). Market and Patent Analyses of Wearables in Medicine. Trends in Biotechnology. *Trends in Biotechnology*,, 563-556.
- CORREOS. (2024, octubre 24). *Objetos prohibidos en Correos* . Retrieved from <https://www.correos.es/es/es/actualidad/2024/objetos-prohibidos-en-correos-idescubre-que-articulos-no-puedes->
- DiCE. (2024). *Barriers and opportunities to circularizing digital health devices and an inventory of best practices.*
- Ducheyne, E. (2024). How can the Digital Product Passport be applied to digital health devices? *DATA SHARING FOR CIRCULAR TRANSITION IN HEALTHCARE.*
- ECOLEC. (2024). Ensayo Alzheimer: Retorno de dispositivos de electromedicina . Donostia / San Sebastián.
- GRIN. (2024). *GRIN. All right reserved.* Retrieved from <https://www.grin.no/>
- Hoveling, T. *. (2024). Circular economy for medical devices: Barriers, opportunities and best. *Resources, Conservation & Recycling.*
- International Telecommunication Union (ITU) and United Nations Institute for Training and Research (UNITAR). (2024). *Global E-waste Monitor 2024.*
- MIREC. (2024 (pendiente de publicación)). *Recycling technology & optimised processes developed to improve recycling yields for digital health devices. (DiCE Deliverable 3.1).*
- Muindi, N. e. (2024). Life cycle assessment of a single-use, battery-powered surgical. *SETAC Europe 26th LCA Symposium.* Gotheborg, Sweden.
- Robinson, P. S. (2023). The carbon footprint of surgical operations: a systematic review update. *. The Annals of The Royal College of Surgeons of England, 692-708.*
- Rønn, C. a. (2024). *Literature review and exploratory field study for existing circular business models (Entregable DiCE 6.1).* Retrieved from <https://circulardigitalhealth.eu/download/circular-digital-health-business-model/>
- Thaler, R. &. (2008). *Nudge : Improving decisions about health, wealth, and happiness.* New Haven: Yale University Press.