

Diseño de un dispositivo inteligente automatizado para facilitar el compostaje doméstico

Design of an automated smart device to facilitate home composting

José P. Brizuela-Solís ¹

Katarina Castro-Umaña ²

Lauren Segura-Morales ³

J. Brizuelas, K. Castro y L. Segura "Diseño de un dispositivo inteligente automatizado para facilitar el compostaje doméstico", IDI+, vol. 7 no 2, Ene., pp. 20-35, 2024.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v7i2.7727>

Fecha de recepción: 6 de junio de 2024

Fecha de aprobación: 5 de setiembre de 2024

1. José P. Brizuela-Solís

Estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica

jpbrizuela@estudiantec.cr

 0009-0006-6424-4575

2. Katarina Castro-Umaña

Estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica

katarinacastro@estudiantec.cr

 0009-0003-4866-4762

3. Lauren Segura-Morales

Estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica

laurensegura@estudiantec.cr

 0009-0001-1834-8318

Resumen

La gestión de residuos orgánicos es un desafío significativo en todo el mundo, ya que estos representan un 37% de los residuos sólidos urbanos. Por lo que Composty surgió como una solución innovadora para facilitar el compostaje doméstico, automatizando procesos clave y reduciendo el esfuerzo manual requerido. Este dispositivo inteligente detectó y trituró los residuos, mezcló y monitoreó constantemente las condiciones del compostaje, proporcionando datos en tiempo real a través de una aplicación móvil.

El propósito de esta investigación fue diseñar y evaluar la efectividad de Composty en la gestión de residuos orgánicos en entornos urbanos. La metodología incluyó el desarrollo de un prototipo funcional y la realización de pruebas para medir su eficiencia y facilidad de uso. Los principales resultados indicaron que Composty pudo reducir significativamente el tiempo y esfuerzo necesarios para el compostaje, promoviendo una mayor adopción de esta práctica sostenible.

Por su parte, las conclusiones destacaron el potencial de Composty para transformar la gestión de residuos orgánicos, contribuyendo a la reducción de residuos en vertederos y fomentando prácticas más sostenibles. Este dispositivo no solo facilitó el proceso de compostaje, sino que también empoderó a los usuarios para tomar un rol activo en la protección del medioambiente. Finalmente, la investigación demostró que, con Composty, el compostaje pudo ser accesible y eficiente para cualquier hogar, independientemente de sus conocimientos.

Palabras clave

Compostaje; residuos orgánicos; automatización; sostenibilidad; dispositivo inteligente.

Abstract

Organic waste management was a significant global challenge, accounting for 37% of urban solid waste. Composty emerged as an innovative solution to facilitate home composting by automating key processes and reducing the required manual effort. This smart device detected and shredded waste, automatically mixed and aerated it, and continuously monitored composting conditions, providing real-time data via an app.

The purpose of this research was to design and evaluate the effectiveness of Composty in managing organic waste in urban settings. The methodology included developing a functional prototype and conducting tests to measure its efficiency and ease of use. Key results indicated that Composty could significantly reduce the time and effort needed for composting, promoting greater adoption of this sustainable practice.

Conclusions highlighted Composty's potential to transform organic waste management, contributing to landfill waste reduction and fostering more sustainable practices. This device not only simplified the composting process but also empowered users to take an active role in environmental protection. The research demonstrated that with Composty, composting could be accessible and efficient for any household, regardless of their knowledge.

Keywords

Composting; organic waste; automation; sustainability; smart device.

Introducción

En el contexto actual el desafío que presenta Costa Rica sobre la disposición final de desechos orgánicos y la preocupación por el medioambiente, el compostaje emerge como una solución clave para reducir la cantidad de desechos orgánicos que terminan en vertederos. Sin embargo, a pesar de su potencial para mitigar el impacto ambiental, el compostaje enfrenta varios desafíos, en especial en entornos urbanos densamente poblados donde el espacio es limitado. Por lo que se pretende abordar la importancia de la problemática de la disposición final de desechos orgánicos orientado al compostaje en espacios reducidos, examinando sus causas, consecuencias y la necesidad de encontrar soluciones accesibles y efectivas.

A nivel mundial, solo el 5,5% de los residuos se compostan, mientras que el compostaje doméstico tiene el potencial de recuperar hasta 150 kg de residuos de alimentos por hogar al año [1]. Dicho porcentaje refleja una pérdida en la gestión sostenible de los residuos, pero los desechos orgánicos pueden reducirlos con el compostaje y convertirlos en un recurso valioso para la agricultura y jardinería.

Los desechos orgánicos representan un 37% en los residuos sólidos urbanos generados, evidenciando una diferencia entre el potencial del compostaje y su implementación efectiva [2]. Esta disimilitud surge por diversos factores, entre ellos, la falta de conocimiento de la población sobre cómo disponer adecuadamente de los desechos orgánicos y la falta de conciencia sobre los beneficios del compostaje.

En Costa Rica, durante el 2020, solo se logró recuperar el 6% de los residuos orgánicos, una cifra notablemente baja si se consideran los 1,459,288 kilogramos de residuos orgánicos producidos en ese período [3]. Varias causas contribuyen a esta baja tasa de compostaje, como la falta de conciencia ambiental, la limitación de espacio, la desinformación, el esfuerzo físico requerido y las preocupaciones asociadas. Estos factores dificultan que las personas adopten prácticas de compostaje en sus hogares o lugares de trabajo [4].

Las consecuencias de no abordar adecuadamente el problema del compostaje son significativas. Según una investigación previa, existen métodos aplicables al compostaje,

pero ninguno abarca el objetivo de facilitar al usuario su proceso ni implementa tecnologías modernas respectivamente. Por lo que, a partir de esto, surge la oportunidad de desarrollar un dispositivo cuyo objetivo principal es facilitar el proceso tedioso del compostaje mediante funciones inteligentes que ayuden y automaticen el proceso.

Debido a lo anterior, esta investigación tiene un impacto sobresaliente en aspectos ecológicos y tecnológicos; por lo que, para abordar esta problemática, es crucial implementar disposiciones que simplifiquen y promuevan el compostaje, a través de la educación de los usuarios y las soluciones adaptadas con la integración de tecnología que podría mejorar la experiencia de uso e incrementar esta práctica en entornos con limitación de espacio. Finalmente, la importancia de abordar este tema radica en su potencial para mitigar una serie de problemas ambientales y sociales que se enfrentan en la actualidad.

Metodología

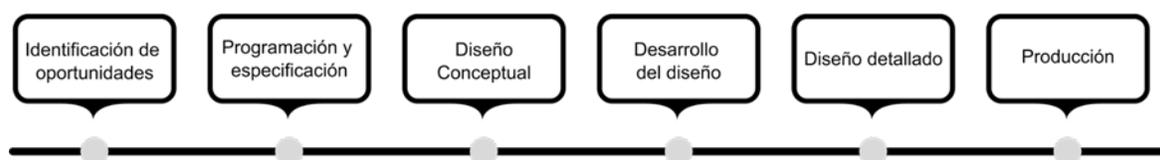


Fig. 1. Etapas del método proyectual según Milton y Rodgers.

Método proyectual según Milton y Rodgers

Para el desarrollo del proyecto, se seleccionó la metodología propuesta por Milton y Rodgers [5], que tiene un enfoque sistemático para el diseño y la resolución de problemas. Esta se conformó de seis fases que introducen el concepto de ciclo iterativo, es decir, la necesidad de volver a una fase anterior para obtener información que permita avanzar en el proyecto. Por lo tanto, se consideró que es la mejor metodología para abordar una solución a la necesidad planteada en el proyecto.

1. Identificación de oportunidades:

En esta etapa se identificó los problemas que debían resolverse, las necesidades y los deseos del cliente. Para reconocer esta problemática, se realizó una investigación etnográfica previa a fin de identificar la situación actual en los hogares. Se utilizaron dos herramientas: la primera, observación a personas expertas, intermedias y novatas en la práctica del compostaje, tomando evidencia del paso a paso sobre la disposición de los desechos orgánicos generados. La segunda herramienta fue la entrevista a los usuarios observados anteriormente de manera presencial, para que proporcionaran información sobre preguntas del proceso del compostaje, métodos o cualquier comentario de relevancia.

2. Programación y especificación

Se desarrolló en esta fase un análisis de un diseño de producto y de las necesidades del cliente. Una vez identificada la necesidad principal de los usuarios, se clasificó la información en un listado de los requerimientos y requisitos para jerarquizar los datos y orientar la propuesta de mejor manera. Posteriormente, se realizó un análisis ergonómico y perceptual con el fin de identificar dimensiones, morfologías y carga cognitiva del producto a realizar, determinando un posible *look & feel* del dispositivo.

3. Diseño conceptual

A partir de esta fase, cada integrante del equipo de diseño realizó de forma individual diferentes propuestas de diseño a base de bocetos, las cuales debían cumplir con la lista de requerimientos/requisitos anteriormente formulada y el concepto de diseño planteado. Además, se seleccionó una propuesta que se ajustaba de manera adecuada a las necesidades de los usuarios según los parámetros establecidos.

4. Desarrollo del diseño

En esta fase fue necesario mejorar el concepto seleccionado hasta transformarlo en un producto con las especificaciones de diseño requeridas. Posterior a la selección definitiva, se inició con la definición de la funcionalidad y objetivos claros, desarrollo de planos y modelado 3D, además de un prototipado de bajo costo. Se materializó la idea físicamente y se inició con una programación simple del sistema, con el fin de encontrar todas las mejoras y sugerencias pertinentes.

5. Diseño detallado

Esta etapa consistió en el proceso de transformación del concepto a un diseño más detallado, en sus especificaciones de fabricación como sus dimensiones y dibujos. Se estableció el prototipo definitivo en el que su acabado perceptual incluyó todos los detalles planteados anteriormente en los bocetos, sus dimensiones se realizaron con base en los planos planteados, y se sometió a prueba con una pequeña cantidad de usuarios para comprobar la usabilidad, funcionalidad, interacción y percepción del producto para un desarrollo más elaborado con base en los principios del funcionamiento del dispositivo.

6. Producción

En esta fase se determinó cómo se iba a fabricar el producto y se decidió qué proceso y técnicas de manufactura se debían emplear en su fabricación. Como última etapa del proceso, se seleccionaron los componentes, materiales y métodos de transformación definitivos para que el producto pudiera ser desarrollado de forma industrial. Además, se llevó a cabo una

investigación complementaria que se ajustó como base para contar con todo lo necesario para el desarrollo total del dispositivo de forma funcional.

Resultados

Composty fue diseñado para facilitar el proceso del compostaje, educando a los usuarios con una solución más eficiente y adaptable a espacios reducidos. Se diseñó para simplificar el proceso del compostaje, automatizando tantas tareas como sea posible para reducir la carga de trabajo del usuario. Entre estas tareas se presentó el depósito de desechos, triturado, mezclador de residuos y sensores recolectores de datos como la temperatura y peso. Además, incluyó una aplicación móvil que proporcionaba orientación y educación sobre cómo compostar de manera efectiva. Un dispositivo orientado a personas ocupadas, familias, amantes de la jardinería y aquellos interesados en reducir su impacto ambiental.



Fig. 2. Lámina explicativa sobre funcionamiento, partes y componentes.

En la figura 2, se observa la lámina explicativa de Composty en la que los sistemas de funcionamiento, partes y componentes lo integran. Un dispositivo caracterizado como electrodoméstico para interiores, ajustable a lugares reducidos como cocinas, patios o balcones. Su tamaño se consideró para ser visto y cumplir con su tarea principal.

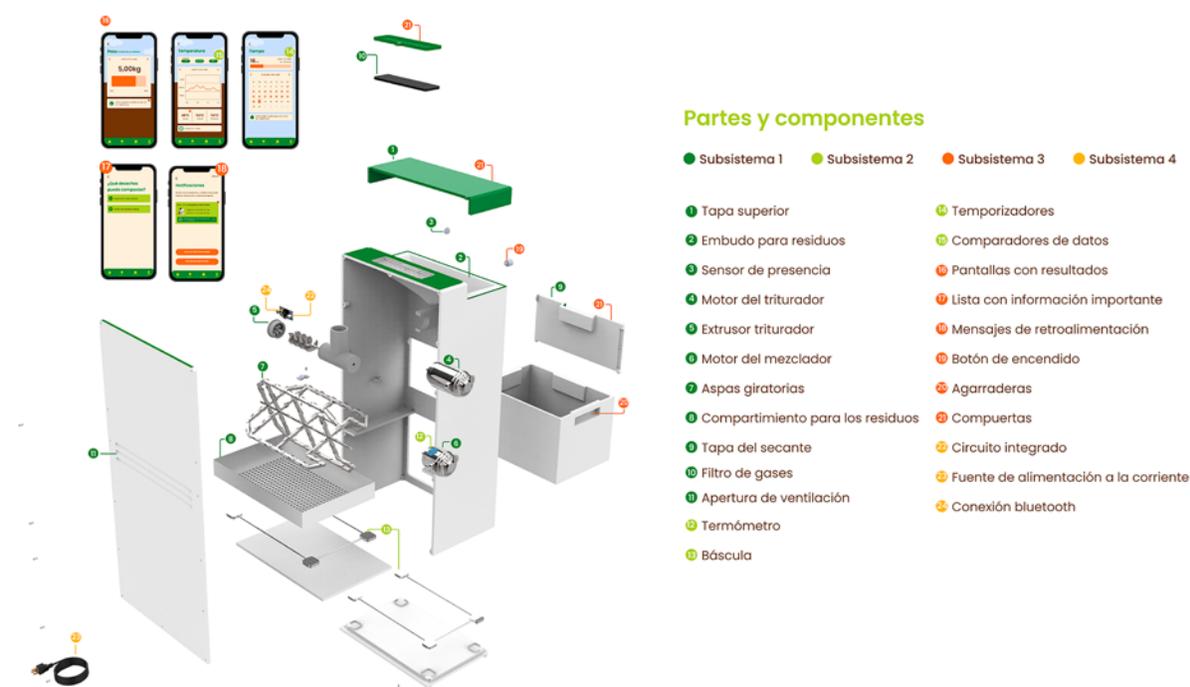


Fig. 3. Explosión de partes y componentes que conforman el dispositivo.

Composty es un *gadget* con tres funciones inteligentes y dos prácticas que cumplieron la tarea de facilitar el proceso del compostaje. En modo de detalle en la figura 3, se muestra el explosión del dispositivo, en el que se visualiza todas las partes respectivamente que lo complementan.

Funciones inteligentes

Sensor de movimiento: detectó la actividad de movimiento al depositar un desecho orgánico y activó actuadores como el triturador con mayor eficiencia.

Báscula: midió el peso del compostaje para un control más preciso de la capacidad del compostaje, a su vez, proporcionó los datos por medio de una interfaz (aplicación móvil).

Sensor de temperatura: permitió monitorear la temperatura y humedad para optimizar el proceso de compostaje, a su vez, proporcionó los datos por medio de la interfaz (aplicación móvil).

Funciones prácticas

Sistema de rotación: agitador que movió a una velocidad media para automatizar la aireación y el volteo de los residuos orgánicos, acelerando la descomposición.

Sistema de triturado: trituradora eléctrica que cortó los desechos orgánicos en trozos pequeños para acelerar el proceso de descomposición y ahorrar tiempo de forma automática.

Lenguaje visual



Fig. 4. Interacción con el usuario.

Composty se diseñó para agrupar un conjunto de tareas en un solo dispositivo, por lo que se caracterizó por tener dimensiones grandes, pero ajustable a espacios urbanos, su acabado fue planificado para indicarle al usuario las zonas de interacción respectivas. Además, contó con un interruptor para encender y apagar el *gadget* según la usabilidad del usuario, así como conectar el *gadget* a la interfaz (aplicación móvil). En la figura 4, se puede observar el prototipo con su acabado e interacción con el usuario.

Usabilidad

Manual de usuario: se desarrolló un manual que le indica al usuario cómo utilizar paso a paso su dispositivo inteligente, con el fin de orientar el buen uso de este. El manual incluyó ilustraciones para una mejor explicación, así como poco texto con todas las funciones que integran al *gadget* para no sentir dificultad a la hora de empezar a utilizarlo.



Fig. 5. Interacción y usabilidad con el dispositivo.

Interacción: según se mostró en la figura 5, el usuario tuvo tres momentos directos en los que interactúa con el dispositivo; en primer lugar, la disposición de desechos en el que activó la trituradora de forma automática con el sensor de movimiento; en segundo, cuando colocó el secante a mitad del proceso y tiempo después a la hora de retirar el abono producido una vez terminado el proceso del compostaje. Además, de forma indirecta se pudo interactuar con el dispositivo por medio de la aplicación móvil para optar por un control de información, tiempo y datos necesarios del proceso.

Eficiencia: se planificó como objetivo implementar la facilidad y disminución de esfuerzo sobre el proceso del compostaje, simplificando la trituración y rotación de los desechos orgánicos en un contexto donde los usuarios lograron implementar prácticas sostenibles en sus hogares. sin requerir de una gran parte de su tiempo.

Motivación: por otro lado, el dispositivo contó con el objetivo de fomentar la motivación de los usuarios hacia el proceso del compostaje. Mediante la implementación de un sistema de retroalimentación positiva, en el cual pudo monitorear su avance en cada etapa del proceso y logró visualizar datos relevantes para optar por una mejor práctica ambiental.

Discusión

El proceso de desarrollo e implementación de Composty se define en función de la facilidad del proceso de compostaje en el hogar a través de tareas automatizadas y tecnología inteligente. Composty se caracteriza por la facilidad de uso para el usuario, quien debe conectar el dispositivo a la corriente y realizar la operación del dispositivo para depositar los desechos orgánicos. El dispositivo tritura, mezcla y monitorea la composta a través de una aplicación que envía datos en tiempo real.

En esta sección, se presentan los resultados obtenidos durante las diversas pruebas realizadas al prototipo Composty. Las pruebas abarcan la usabilidad, percepción, funcionalidad e interacción, proporcionando una visión integral de su rendimiento y áreas de mejora.

Prueba de usabilidad

Se evalúan las siguientes tareas: encender el dispositivo, abrir la compuerta superior para simular el depósito de desechos orgánicos, abrir la compuerta frontal para añadir secante y retirar el abono (compostaje).

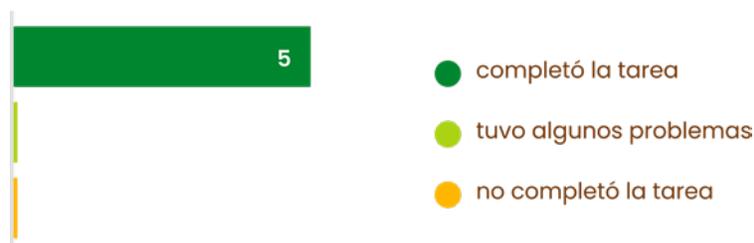


Fig. 6. Resultados promedio de las pruebas de usabilidad.

Resultados de prueba de usabilidad

- Encendido del dispositivo: todos los usuarios logran encender el *gadget* sin dificultades, gracias a la clara señalización del botón de encendido.
- Apertura de la compuerta superior: el diseño ergonómico de la agarradera facilita que los usuarios puedan abrir la compuerta de manera segura y efectiva.
- Apertura de la compuerta frontal: la agarradera ergonómica permite una manipulación fácil para añadir el secante.
- Retiro del abono: la agarradera frontal y las laterales facilitan el acceso al compostaje, permitiendo una manipulación segura y cómoda.

Prueba de percepción

Los usuarios evalúan varios aspectos del dispositivo, incluyendo su funcionalidad, etiquetado, modernidad, intuitividad y tamaño.

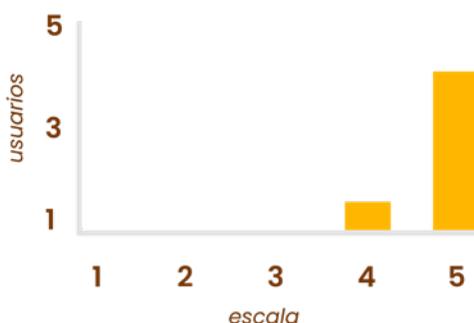


Fig. 7. Resultados promedio de las pruebas de percepción.

Resultados de prueba de percepción

- Funcionalidad y propósito de uso: la mayoría de los usuarios consideran que el dispositivo cumple medianamente su propósito, sugiriendo que el color podría mejorarse para evitar confusiones con otros objetos.
- Etiquetado y señalización: el etiquetado del botón de encendido/apagado es bien recibido.

- Modernidad y actualización: cuatro de cinco usuarios perciben el dispositivo como moderno y actualizado, sugiriendo añadir otro color para un acabado más atractivo.
- Intuitivo: la simplicidad de las interacciones es valorada positivamente.
- Tamaño: aunque el tamaño es percibido como algo grande, se justifica por las funciones inteligentes y la capacidad de almacenamiento.

Prueba de funcionalidad

Se evalúa la precisión de la lectura de la temperatura, la medición del peso y la sensibilidad del sensor de movimiento.

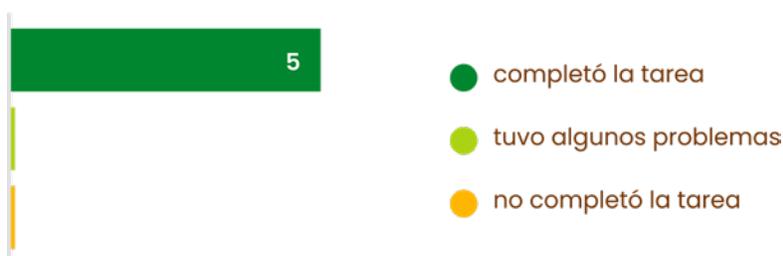


Fig. 8. Resultados promedio de las pruebas de funcionalidad.

Resultados de prueba de funcionalidad

- Lectura de temperatura: los usuarios observan las lecturas en tiempo real a través del *software* Arduino, sugiriendo la inclusión de un indicador led para mostrar si la temperatura es correcta.
- Medición del peso: la precisión de la báscula es validada mediante la medición del peso en la pantalla de la computadora.
- Sensibilidad del sensor de movimiento: los usuarios comprueban la activación del motor simulando el sistema de triturado al detectar movimientos.

Prueba de interacción

Se evalúa la conexión de Composty a la aplicación, la observación de la temperatura, peso, tiempo restante y notificaciones, la adición de recordatorios y la búsqueda de información sobre el compostaje.

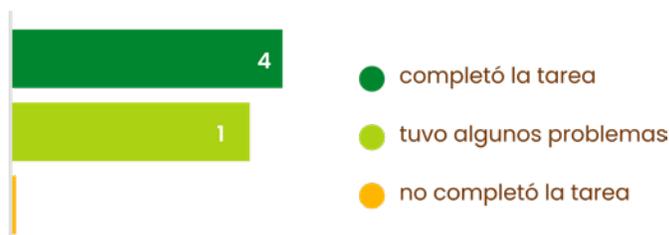


Fig. 9. Resultados promedio de las pruebas de interacción.

Resultados de prueba de interacción

- Conexión a la aplicación: los usuarios logran conectar Composty siguiendo las indicaciones de la aplicación.
- Monitoreo en la aplicación: la mayoría de los usuarios encuentran fácilmente la información de temperatura, peso y tiempo en la página principal de la aplicación.
- Notificaciones y recordatorios: un usuario tiene problemas con la sección de notificaciones, sugiriendo una mejora en la visualización del ícono.
- Información sobre compostaje: los usuarios tienen dificultades para encontrar la información, recomendando cambiar o titular mejor el ícono correspondiente.

En general, el prototipo Composty muestra ser fácil de usar y funcional, destacando algunas áreas donde se podrían realizar mejoras como las siguientes:

- Usabilidad: se mejora el diseño del cajón deslizante para facilitar su uso, empleando el color en las zonas de interacción.
- Interfaz de usuario: se ajustan algunos íconos en la aplicación para mejorar la claridad y accesibilidad de la información al momento de su uso.
- Ergonomía: el diseño ergonómico es adecuado, ya que las dimensiones se adaptan adecuadamente a los usuarios.
- Funciones inteligentes: las funciones de temperatura, peso, rotación y triturado son coherentes y efectivas.

A continuación, también se presenta una comparación con otros sistemas existentes para contextualizar mejor los avances de Composty.

TABLA I
TABLA DE COMPARACIÓN

Producto	Características	Ventajas	Desventajas
KAGURA [6]	Compostaje con jardín interior	Genera energía lumínica, sensor de temperatura y humedad	Solo para uso interior, tamaño limitado
FOG SMART [7]	Redirige humedad a plantas	Material poroso y resistente	Requiere conexión eléctrica constante
BRAUN ENVI [8]	Convierte desechos en abono	Acelera compostaje, sin mal olor	Potencial para introducir material incorrecto
TERRAVIVA [9]	Convierte desechos en abono	Procesa 7 kg de residuos, sin mal olor	Necesita conexión eléctrica periódica
TOGGLE [10]	Transforma residuos en abono y aserrín	Eficiente, diseño compacto	Limitación de espacio, no control remoto
RE-CAN [11]	Convierte residuos en abono líquido	Sistema eficiente, diseño compacto	Limitación de espacio para residuos
HIFA COFFEE [12]	Recicla posos de café	Realiza doble función, no requiere corriente	Contacto con café puede ser desagradable
ECOBOL [13]	Compostaje con lumbricultura	No necesita corriente, sin mal olor	Limitación de espacio y capacidad
FOODCYCLER [14]	Tres fases: secado, triturado, enfriamiento	Proceso silencioso e inodoro	Tamaño y capacidad limitados
SEPURA [15]	Tritura, recolecta y separa líquidos	Auto limpieza, detector de artículos	Instalación complicada, espacio limitado

Nota: Se muestra una comparación con otros sistemas existentes para contextualizar mejor los avances de Composty.

Ventajas de Composty

- **Automatización completa:** Composty automatiza la detección, trituración, mezcla y monitoreo del compostaje, reduciendo significativamente el esfuerzo manual y mejorando la eficiencia del proceso.
- **Interfaz inteligente:** la integración con una aplicación permite al usuario monitorear el proceso en tiempo real y recibir notificaciones sobre el estado del compostaje, como peso y humedad.
- **Adaptabilidad y facilidad de uso:** Composty es adecuado para entornos urbanos, siendo compacto y fácil de usar, lo que facilita su adopción en hogares con diferentes tamaños y configuraciones.

Identificación de necesidades futuras

- **Optimización de tamaño y capacidad:** investigaciones futuras podrían enfocarse en adaptar Composty para espacios aún más reducidos y aumentar su capacidad de procesamiento de residuos.

- Integración de indicadores visuales: implementar indicadores led adicionales en el dispositivo para proporcionar información instantánea sobre el estado del compostaje sin necesidad de consultar la aplicación.
- Mejora del diseño: continuar mejorando el diseño estético para asegurar que Composty se integre bien en diferentes ambientes domésticos, como cocinas y jardines.
- Educación y apoyo al usuario: desarrollar más materiales educativos y funciones en la aplicación que brinden consejos e información sobre el compostaje, promoviendo una mayor participación y comprensión del proceso.

Conclusiones

La investigación y desarrollo del dispositivo Composty representa un avance significativo en la disposición de desechos orgánicos, ya que parte de los descubrimientos con los usuarios radica en que las personas difieren con el proceso por diversos factores, como la falta de conocimiento sobre cómo gestionar adecuadamente los desechos orgánicos y la falta de conciencia sobre los beneficios del compostaje. Por lo que este dispositivo implementa funciones que facilitan y rompen con la barrera tediosa del método, al incluir sistemas tecnológicos que simplifican la tarea y ayudan a tener un mayor control del proceso.

Composty aborda de manera efectiva el objetivo principal, al facilitar el proceso del compostaje de forma eficiente, es una solución bien recibida para aquellas personas interesadas en implementar prácticas sostenibles a su vida diaria. Al incorporar sensores inteligentes como la temperatura y peso que permiten monitorear el proceso, optimizar las condiciones de descomposición y logra obtener compostaje de mayor calidad.

La gestión efectiva de los desechos orgánicos mediante el compostaje en espacios reducidos es crucial para avanzar hacia un futuro más sostenible. Por esta razón, el dispositivo identifica una necesidad que logra abordar las dificultades de la práctica en diferentes espacios y desarrollar soluciones adaptadas a las limitaciones de los usuarios. Al hacerlo, se da un paso importante hacia la creación de comunidades más resilientes, saludables y respetuosas con el medioambiente.

Los aportes más importantes en el proyecto se identifican en las pruebas de usuarios en las que cada fase o prueba fue pensada para comprobar el funcionamiento completo del dispositivo, donde se identifican las posibles modificaciones y correcciones, que abren paso a una investigación futura para la mejora continua del dispositivo.

Se reconoce que la investigación ha presentado desafíos como la adaptación de tecnologías a un contexto poco relacionado con este, por lo que, para futuras iteraciones, se motiva la investigación profunda de diferentes métodos de compostaje, uso de materiales que se

consideren más adecuados y un análisis de procesos de fabricación que mitiguen el daño al medioambiente de forma significativa. Además, considerar emisión de gases (olores no agradables) y el proceso de limpieza.

Para finalizar, se espera que el dispositivo Composty tenga una posible utilización en un entorno real, ya que la disposición final de desechos orgánicos orientada al compostaje en espacios reducidos presenta un desafío que requiere atención urgente. Además, que la materia orgánica de uso común es producida en absolutamente todos los hogares, por lo que este proyecto identifica una necesidad significativa. Por lo que Composty proporciona una base a versiones futuras y posibles mejoras del dispositivo con el fin de crear conciencia y mitigar un impacto ambiental.

Referencias

- [1] Genia Bioenergy, “Daño medioambientales de una mala gestión de los residuos orgánicos”, Genia Bioenergy, <https://geniabioenergy.com/dano-medioambientales-de-una-mala-gestion-de-los-residuos-organicos/> (Consultado 11, mar., 2024).
- [2] National Geographic, “Innovación y reciclaje”, National Geographic, https://www.nationalgeographic.com/es/mundo-ng/actualidad/innovacion-y-reciclaje-2_13839 (Consultado 11, mar., 2024).
- [3] Ministerio del Medio Ambiente, “Compostaje: Una innovación para combatir el Cambio Climático”, Ministerio del Medio Ambiente, <https://mma.gob.cl/compostaje-una-tendencia-para-combatir-el-cambio-climatico-2/> (Consultado 11, mar., 2024).
- [4] Instituto Nacional de Estadística y Censos, “Sistema de indicadores ODS 2021. Tomo II: Análisis de indicadores” Instituto Nacional de Estadística y Censos y Sistema de Estadística Nacional, San José, Costa Rica, 978-9930-525-67-8, dic., 2022, Consultado: 11, mar. 2024. [En línea]. Disponible: https://admin.inec.cr/sites/default/files/2022-12/reodsinec_tomoi_2021.pdf
- [5] P. Rodgers y A. Milton, “Product Design”. King Publ., Laurence, 2011.
- [6] S. McNulty, ¡Este sistema de compost autosostenible convierte los restos de comida en un próspero jardín interior!, Yanko Design, <https://www.yankodesign.com/2020/10/20/this-self-sustaining-compost-system-turns-your-food-scraps-into-a-thriving-indoor-garden/> (Consultado 12, mar., 2024).
- [7] T. Joshi, “Combinando naturaleza y tecnología para el cuidado sostenible de las plantas”, Yanko Design, <https://www.yankodesign.com/2024/01/03/combining-nature-and-technology-for-sustainable-plant-care/> (Consultado 12, mar., 2024).
- [8] R. Seth, “Compost Dustbin” Yanko Design, <https://www.yankodesign.com/2009/08/28/compost-dustbin/> (Consultado 12, mar., 2024).

- [9] R. Seth, “Recycle kitchen waste for the sake of your plants”, Yanko Design, <https://www.yankodesign.com/2009/03/03/recycle-kitchen-waste-for-the-sake-of-your-plants/> (Consultado 12, mar., 2024).
- [10] P. ByeongKyu, “Toggle”, Reddot, <https://www.red-dot.org/project/toggle-54324> (Consultado 12, mar., 2024).
- [11] K. Van Steenberge, “ReCan”, Behance, <https://www.behance.net/gallery/1185187/Re-Can> (Consultado 12, mar., 2024).
- [12] M. Carvajal, y A. Pérez, “Hifa”, Behance, <https://www.behance.net/gallery/40395677/HIFA-Coffee-brewingmushroom-growing-system> (Consultado 12, mar., 2024).
- [13] A. Encinas, “Ecobol”, Behance, [https://www.behance.net/gallery/3636469/ECObol-\(-indoor-composter-\)](https://www.behance.net/gallery/3636469/ECObol-(-indoor-composter-)) (Consultado 12, mar., 2024).
- [14] Food Cycler, “FoodCycler® FC-50”, Food Cycler, <https://foodcycler.com/products/original-foodcycler> (Consultado 12, mar., 2024).
- [15] Sepura, “Sepura”, Sepura, <https://sepurahome.com/> (Consultado 12, mar., 2024).