

Los Recyclops.

Alumnos: Avril Ferreño, Guillermo Mourelle, Mauro Barrales e Ignacio Rodríguez

Institución: UCU

Curso: Desarrollador en Software

Profesores: Vanessa Serrano, Alejandro Silvarrey y Gonzalo Duarte

Maldonado, Uruguay

Fecha: 18/05/2023

Contenido

1	Introducción.....	3
1.1	El problema de la generación de residuos.....	3
1.2	Pasar de residuos a recursos.....	3
1.3	Uruguay, manejo y respuesta ante la problemática.....	5
2	Desarrollo.....	6
2.1	Objetivo.....	6
2.2	Investigación de antecedentes	7
2.3	Requisitos.....	8
2.4	Diseño	8
2.5	Elección de diseño.....	10
3	Solución.....	12
3.1	Descripción de la solución y prototipo 3D	12
3.2	Pruebas y proceso de iteración.....	15
4	Referencias.....	17

1 Introducción

1.1 El problema de la generación de residuos.

En un mundo en constante crecimiento poblacional, hay un problema que no hemos sido capaces de resolver de manera eficiente y global. Con el crecimiento poblacional también ha aumentado la generación de residuos. En 2020 se generaron 2,24 billones de toneladas de residuos a nivel mundial, actualmente más del 90% de los desechos se vierten o queman a cielo abierto en países de bajos ingresos. Para 2050 está proyectado que esta cifra crezca a 3,88 billones de toneladas, lo que proyecta un incremento del 73 % de residuos si no se toma ningún recaudo.[1]

“La gestión inadecuada de los desechos está produciendo la contaminación de los océanos del mundo, obstruyendo los drenajes y causando inundaciones, transmitiendo enfermedades, aumentando las afecciones respiratorias por causa de la quema, perjudicando a los animales que consumen desperdicios, y afectando el desarrollo económico, por ejemplo, al perjudicar el turismo”, afirmó Sameh Wahba, director de Desarrollo Urbano y Territorial, Gestión de Riesgos de Desastres, y Resiliencia del Banco Mundial. La gestión incorrecta de residuos afecta a la población mundial, por lo cual se debería afrontar de manera urgente.

1.2 Pasar de residuos a recursos.

Para lograr un futuro sustentable, debemos tomar en cuenta el desarrollo económico, social y medioambiental. Para enfrentar estos desafíos, las Naciones Unidas lanzó en 2015 diecisiete objetivos globales llamados Objetivos de Desarrollo Sostenible, estos nos sirven como guía y metas para tener un futuro más sustentable y mejor para todos. [2]

Con estos objetivos planteados por las Naciones Unidas, es de vital importancia entender el concepto de economía circular. La Fundación Ellen MacArthur nos dice que esta se basa en tres principios:

- Eliminar los residuos y la contaminación.
- Circular los productos y materiales (en su valor más alto).
- Regenerar la naturaleza.

Hay que dejar el paradigma de la economía lineal donde extraemos materiales de la Tierra, fabricamos productos a partir de ellos, y luego los desecharnos como residuos. ¿Cómo podemos hacer para que nuestros residuos nos devuelvan un capital en lugar de reducirlo? Tenemos que repensar y rediseñar los productos y sus paquetes que lo componen, podemos crear materiales seguros y compostables que ayuden a crear otras cosas. Debemos pensar en materiales renovables, biodegradables y reciclables, de esta manera podemos reutilizar recursos y dejar de generar residuos, circulamos estos recursos y los volvemos a integrar de nuevo a la cadena productiva. En una economía circular dejamos de producir residuos desde el primer momento. En ella nos ofrece herramientas para hacerle frente al cambio climático y la pérdida de biodiversidad, mientras que al mismo tiempo aborda importantes temas sociales. Optimizamos los productos a lo largo de la cadena productiva, minimiza la generación de residuos, y multiplicamos los "bucles internos" luego de la etapa de consumo, lo que permite la recirculación de productos y materiales. [7][8]

Para implementar la economía circular, es necesario empezar a clasificar y reciclar residuos. Para ello debemos entender qué beneficios nos brinda el reciclaje y qué tipos de residuos podemos reciclar. El reciclaje nos brinda beneficios ambientales, sociales y económicos, que son precisamente lo que nos proporciona un desarrollo sustentable. Se conserva el ambiente y se reduce la contaminación, hay remuneración económica en la venta de reciclables y generación de empleos. Se protegen recursos naturales renovables y no renovables. Se ahorra materia prima en la manufactura de productos nuevos con materiales reciclables entre otros beneficios. [9].

Los residuos que se pueden reciclar son los siguientes:

- Residuos compostables: restos de alimentos, cáscaras de frutas y verduras, hojas de árboles, yerba, té, café, viruta de lápiz, servilletas y papel de cocina.
- Papel y cartón.
- Plástico.
- Vidrio.
- Metales no ferrosos.
- Envases tetrabricks.
- Corchos
- Maderas.
- Residuos electrónicos.
- Neumáticos.
- Baterías y pilas.

[9][10][11]

1.3 Uruguay, manejo y respuesta ante la problemática.

En Uruguay se generan 1,01 kilos de residuos al día por persona [3]. De estos sólo se reciclaban el 12% de los residuos domésticos en el año 2017 [4]. Para abordar este problema, en 2019, Uruguay implemento la Ley N° 19.829 de Gestión integral de Residuos, su primer artículo dice lo siguiente: "(Objeto).- La presente ley tiene por objeto la protección del ambiente y la promoción de un modelo de desarrollo sostenible, en concordancia con lo establecido en la Ley N° 17.283, de 28 de noviembre de 2000, mediante la prevención y reducción de los impactos negativos de la generación, el manejo y todas las etapas de gestión de los residuos y el reconocimiento de sus posibilidades de generar valor y empleo de calidad. " [5]

Bajo ese marco, en 2021 el Ministerio de Ambiente empezó a trabajar en el Plan Nacional de Gestión de Residuos previsto en el artículo 14 de la Ley N° 19.829. El Ministerio de Medioambiente

define al plan de la siguiente manera: " Uruguay + Circular es una propuesta del Ministerio de Ambiente (MA) que promueve un cambio de paradigma en nuestra concepción y vínculo con los residuos, desde una mirada de economía circular, participación y responsabilidad compartida. Una circularidad que nos invita a concebir los residuos como recursos, identificar la oportunidad de transformarlos, apostar a su revalorización y, buscar como primer paso, minimizar su existencia. Una circularidad que también nos interpela y nos invita a repensar nuestros hábitos de consumo, nuestras prácticas y la responsabilidad que nos toca en cada caso. Pero sobre todo nos invita a la acción, a ser parte del cambio cultural." [6]

En Uruguay contamos con empresas que se dedican al reciclaje. Algunas de estas son: Abito, Ecotecno, Uruplac, Rotondaro, Ecopet, entre otras. En Maldonado contamos con empresas como Plasticoín y Werba para nombrar alguna de ellas.

2 Desarrollo

2.1 Objetivo

El objetivo de este proyecto es desarrollar un contenedor inteligente para facilitar y automatizar la separación de diferentes tipos de residuo. El contenedor deberá identificar automáticamente el tipo de residuo y deberá dirigirlo al compartimiento correspondiente, o indicarle al usuario donde depositarlo. Con la utilización de la placa Arduino debemos programar el contenedor para que funcione de manera autónoma utilizando sensores para detectar y reconocer los distintos tipos de residuo. Además, se utilizarán motores que controlarán los movimientos del contenedor como la apertura y cierre de tapas, así como el movimiento de los residuos hacia los contenedores correspondientes. Al realizar este proyecto estaremos contribuyendo a la gestión de residuos, fomentando la separación adecuada y promoviendo la conciencia ambiental. Buscaremos mejorar la eficiencia en los procesos de reciclaje y reducir la contaminación causada por la mala gestión de residuos.

2.2 Investigación de antecedentes

Actualmente, existen contenedores inteligentes creados por la empresa ECOEMBES en octubre de 2021, estos están ubicados en Barcelona, España (*EL PAIS, 2021b*). También encontramos en Uruguay un proyecto de alumnos de la UTEC, en Rivera, donde desarrollaban un contenedor de residuos capaz de medir diferentes volúmenes de residuo y envía señales de alerta para indicar si está lleno. Además, es capaz de enviar señales de alerta en caso de robo, incendio y vandalismo.

Pero de los antecedentes que se investigaron se decidió centrarnos en un proyecto de alumnos de la Universidad Católica de Colombia, debido a la similitud que entrelazan ambos proyectos. En su trabajo de grado, para reconocer los diferentes tipos de residuo utilizaron distintos sensores para lograr el objetivo. Eligieron el sensor capacitivo para identificar los materiales de plástico, vidrio, y papel. Un sensor inductivo para identificar los materiales de metal, un sensor óptico de salida analógica para identificar materiales de plástico, vidrio y papel. Finalmente definieron un sensor de fuerza de salida análoga para identificar materiales de plástico, vidrio y papel. La caracterización de cada material de la muestra la realizaron mediante diferentes pruebas con cada sensor seleccionado. Los sensores digitales (capacitivo e inductivo) al solo tener dos estados, la caracterización constaba en la detección o no del residuo. De acuerdo con sus pruebas, determinaron que si ambos sensores detectaban el material el residuo era metal o papel (Tetrapak), si ambos sensores no detectaban la presencia de un residuo, entonces el residuo era plástico. Y si el sensor capacitivo detectaba el residuo y el inductivo no, entonces se trataba de vidrio. Para los sensores (fuerza, y óptico) tomaron diez muestras de cada tipo de residuo, e iteraron ciertas pruebas. Para el sensor de fuerza, concluyeron que, según su peso, podían calcular qué tipo de material estaban identificando. Para el sensor óptico, si bien realizaron pruebas, no encontraron ningún patrón de clasificación, ya que los valores para los diferentes materiales eran similares, por lo

cual solo utilizaron el sensor de forma digital para detectar la presencia del residuo a la entrada del sistema.

[19][20][21][22]

2.3 Requisitos

Para lograr el objetivo, se definieron los siguientes requisitos:

Requisitos:

- El sistema debe contar un contenedor para cada tipo de residuo.
- El contenedor debe detectar los tipos de residuos.
- De no detectar de manera segura el residuo, debe tener un contenedor extra para depositar estos residuos
- El contenedor debe detectar el ingreso de un residuo de manera automática.
- Resistente al clima. (Lluvia, Hielo, Granizo, Viento, Exposición solar, Neblina salina).
- Resistente al entorno. (Polvo, Tierra, Arena).
- No exponer a temperaturas menores a 0°C y mayores a 60°C..
- Superficies lisas, y no porosas, para facilitar su limpieza interior y exterior.
- Que sea fácil de vaciar.
- Mantenimiento de fácil reparación.
- Cómodo de usar por parte de los usuarios.
- Frecuencia de recolección (1 vez al día).
- Que permanezca fijo en un lugar.
- Debe tener una fuente de energía para los diferentes componentes del sistema.
- Se debe monitorear el nivel de los contenedores.
- Si este se encuentra lleno, no debe recibir más residuos.
- La entrada de residuo al contenedor no debe ser mayor a 1.10 metros de altura ni menor a 50 centímetros.
- El contenedor no debe permitir que el usuario lo abra, solo debe depositar el residuo en el lugar indicado.

2.4 Diseño

Para cumplir con el objetivo, y trabajando bajo las restricciones de los requisitos, se idearon cuatro diseños.

- 1) Varios contenedores automáticos, que, al detectar el residuo, abra la tapa donde se debe depositar el residuo.
- 2) Varios contenedores, que indique, en donde se debe depositar el residuo
- 3) Un contenedor automático, que permita depositar el residuo y este lo deposite en su lugar correspondiente a través del giro de su tapa-
- 4) Un contenedor automático, que permita depositar el residuo y este lo deposite en su lugar correspondiente a través de una cinta transportadora.

En la primera solución, se disponen varios contenedores en conjunto, junto con una terminal equipada con sensores para detectar el tipo de residuo. El usuario deberá colocar el residuo debajo de dicha terminal, la cual automáticamente abrirá la tapa correspondiente al tipo de residuo detectado, permitiendo al usuario depositarlo en el contenedor adecuado.

La segunda solución es similar a la primera. Consiste en la colocación conjunta de múltiples contenedores y una terminal para identificar los residuos. La terminal reconocerá los residuos y mostrará un mensaje en una pantalla, indicando al usuario el contenedor apropiado para depositar el residuo.

La tercera solución propone un contenedor que contiene compartimentos internos para depositar los diferentes tipos de residuos. El contenedor exterior cuenta con una tapa giratoria, una abertura para depositar los residuos y una terminal equipada con sensores para identificarlos. El usuario debe colocar el residuo debajo de la terminal, la cual determinará su tipo y abrirá la tapa correspondiente para permitir el depósito en el contenedor adecuado. Luego, la tapa se cerrará y girará automáticamente para depositar el residuo en su compartimento correspondiente.

La cuarta solución propone un contenedor externo que alberga múltiples compartimentos para depositar residuos. El usuario debe levantar una tapa para depositar el residuo dentro del contenedor, y a través de sensores, éste detectará el tipo de residuo y lo transportará mediante una cinta transportadora hacia su contenedor correspondiente.

2.5 Elección de diseño

Para seleccionar el mejor diseño, llevamos a cabo un proceso de evaluación basado en los requisitos y ciertos criterios predefinidos. Se utilizó una matriz de decisión como herramienta

para organizar y analizar los diferentes aspectos relevantes.

Requisitos	Varios contenedores abre puerta	Varios contenedores indica donde tirar	Contenedor giratorio	Contenedor Automatico
El sistema debe contar un contenedor para cada tipo de residuo	2	2	2	2
El contenedor debe detectar los tipos de residuos	2	2	2	2
Contenedor extra para depositar residuos no identificados residuos	2	2	2	2
El contenedor debe detectar el ingreso de un residuo de manera automática	0	0	2	2
Resistente al clima	2	2	2	2
Resistente al entorno	2	2	2	2
No exponer a temperaturas menores a 0°C y mayores a 60°C.	2	2	2	2
Superficies lisas, y no porosas, para facilitar su limpieza interior y exterior	2	2	2	2
Que sea fácil de vaciar	2	1	1	1
Mantenimiento de fácil reparación	1	2	1	0
Cómodo de usar por parte de los usuarios	2	2	2	2
Frecuencia de recolección (1 vez al día)	1	1	1	1
Que permanezca fijo en un lugar	2	2	2	2
Debe tener una fuente de energía para los diferentes componentes del sistema	2	2	2	2
Se debe monitorear el nivel de los contenedores	2	2	2	2
No permitir que el usuario abra el contenedor	2	0	2	2
50 centímetros < Entrada de residuo > 1.10 metros	2	2	2	2
Si se encuentra lleno, no recibir más residuos	2	2	2	2
Otros criterios:	3,3	3	3	1,8
Elegancia: ¿La solución es simple, clara e ingeniosa?	2	2	2	1
Robustez: ¿La solución es robusta, resiliente e sin fallas?	2	1	1	1
Estética: ¿La solución es agradable a la vista?	2	1	2	1
Costos y Recursos: ¿Tengo o podría tener los materiales que necesito?	1	1	1	1
Tiempo: ¿Tengo tiempo para construir la solución?	1	2	1	1
Habilidades: ¿Tengo o podría adquirir las habilidades que necesito para construir esta solución?	1	1	1	0
Seguridad: ¿La solución es segura en su construcción, uso y venta?	2	2	2	1
Total Otros Criterios	11	10	10	6
TOTAL DE PUNTOS	35,3	33	36	33,8

Tabla 1. Matriz de decisión

Al llevar a cabo el análisis de la matriz de decisión, determinamos que el diseño de un contenedor automático giratorio era el más adecuado para desarrollar nuestra solución del diseño.

3 Solución

3.1 Descripción de la solución y prototipo 3D

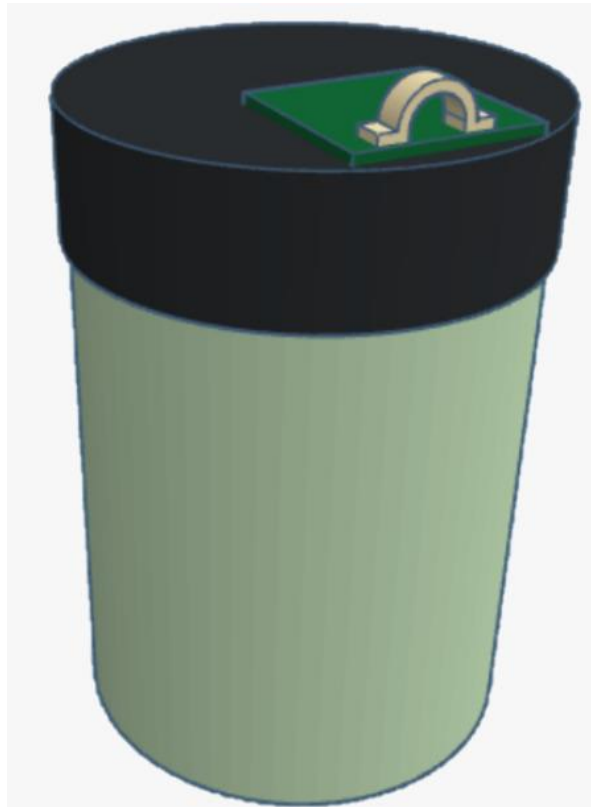


Figura 1. Prototipo 3D de la solución

La solución seleccionada permite al usuario depositar el residuo y de manera automática el contenedor se encargará de identificar el residuo de manera correcta, y depositarlo en el compartimiento correspondiente. El usuario sólo debe depositar el residuo y cerrar la tapa, el contenedor es capaz de realizar el resto del trabajo, ahorrándole tiempo al usuario y evitando que este lo deposite en un lugar equivocado. El sistema funciona de la siguiente manera:

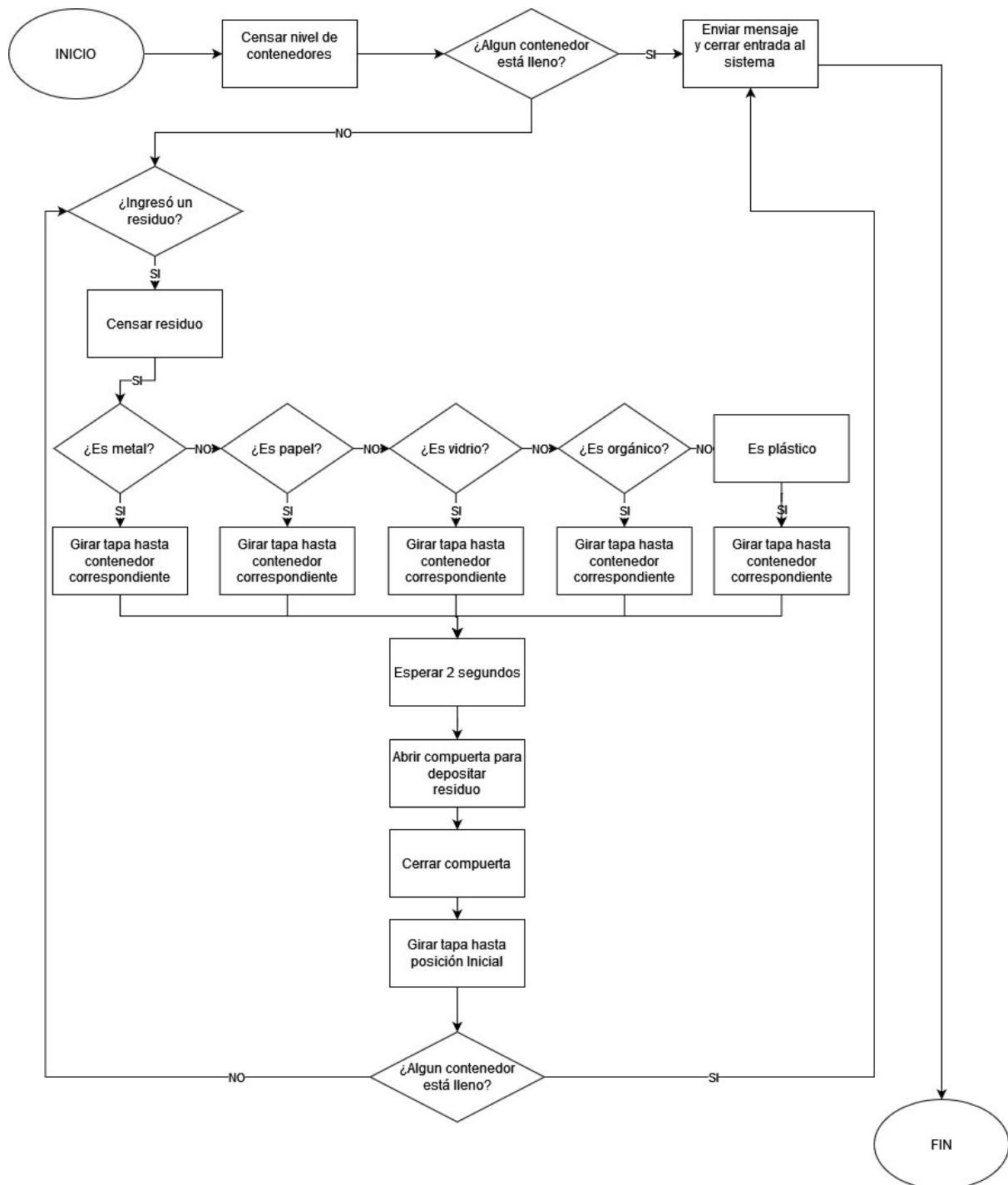


Figura 2. Diagrama de flujo

El contenedor estará equipado con sensores ultrasónicos para monitorear el nivel de llenado de los compartimientos. Si se detecta que uno de los compartimientos está lleno, se enviará un correo electrónico a través de un módulo ESP8266 y se evitará el ingreso de nuevos residuos. Para detectar el ingreso de un residuo se utilizará un sensor óptico. Al ingresar el residuo dentro de la caja, esta contará con los siguientes sensores: capacitivo, inductivo, temperatura y humedad, o químico y sensor de fuerza. Estos serán los encargados de identificar los diferentes tipos de residuo como se detalla en la investigación de antecedentes.

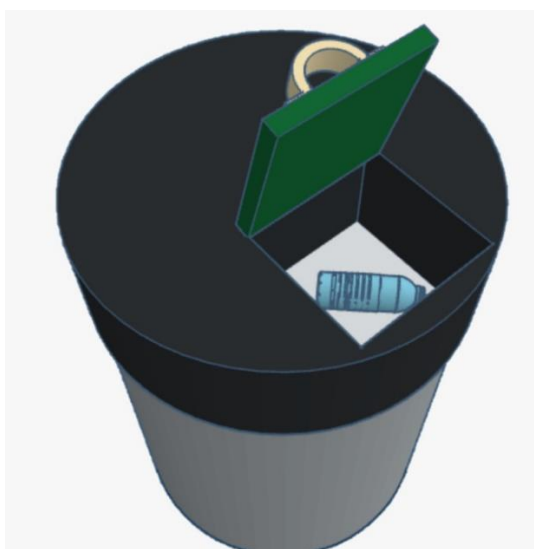


Figura 3. Botella de plástico depositada por el usuario en prototipo 3D.

Una vez identificado el tipo de residuo, la tapa del contenedor se moverá automáticamente mediante un motor paso a paso. Cuando la caja que contiene el residuo esté ubicada encima del compartimiento correspondiente, se pausará durante un segundo y se abrirá la compuerta (base de la caja) para permitir que el residuo caiga. El movimiento de la base de la caja también será controlado por otro motor paso a paso. Tras una espera de dos segundos, la compuerta volverá a su posición inicial en el piso de la caja. Finalmente, la tapa del contenedor regresará a su posición inicial.

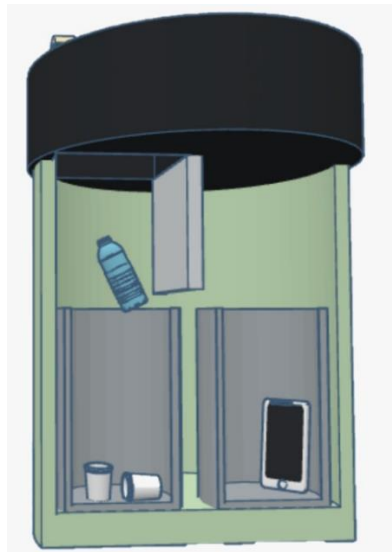


Figura 4. Compuerta (color gris) se abre y deja caer residuo en su contenedor correspondiente.

3.2 Pruebas y proceso de iteración.

Debido a que no contamos con los sensores especificados anteriormente, no hemos sido capaces de realizar las pruebas necesarias para determinar si podemos identificar los distintos tipos de residuo.

Sin embargo, hemos verificado que nuestra idea de girar la tapa y abrir la compuerta del contenedor funciona correctamente utilizando Arduino, un motor paso a paso, un servo motor y un sensor de color. Si se detecta el color rojo, la tapa permanece en su posición inicial (a las 06:00 en punto), se abre la compuerta con el servo motor y luego se cierra. Cuando se detecta el color amarillo, la tapa gira con el motor paso a paso hasta las 03:00, se abre la compuerta, se cierra y regresa a la posición inicial (06:00). El código para operar el sistema está disponible en nuestro repositorio de GitHub en el siguiente enlace: https://github.com/mourelleguillermo/Proyecto-2-TIT2023/blob/main/Contenedor_Inteligente.Recyclops_hito_3.ino

Para realizar las pruebas, se construyó un prototipo a escala 1/4 de cartón del contenedor. Debido a su forma cilíndrica y a la falta de maleabilidad del cartón, solo pudimos probar la tapa

girando sobre una mesa en lugar de en el contenedor, ya que este último requiere un riel para girar, lo cual fue difícil de lograr dadas las limitaciones del prototipo.

4 Referencias

- [1] Kaza, S, Shrikanth, S, Chaudhary, S. (2021) *More Wrowth, Less Garbage*. World Bank Group . Página 4. <http://hdl.handle.net/10986/35998>
- [2] Naciones Unidas, Departamento de Economía y Asuntos Sociales
<https://sdgs.un.org/goals#icons>
- [3] Kaza,S, Yao,L, Bhada-Tata, P & Van Woerden, F. (2018) *What a waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank Group.
Pagina 54
- [4] Cempre, Uruguay (2023)
<https://cempre.org.uy/>
- [5] Centro de Información Oficial, Uruguay (2019)
<http://www.impo.com.uy/bases/leyes/19829-2019>
- [6] Ministerio de Ambiente, Uruguay (2023)
<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/uruguay-circular>
- [7] Ministerio de Medio Ambiente, Uruguay (2021). *Uruguay + Circular. Plan Nacional de Gestión de Residuos*. Página 41
<https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/PNGR-general.pdf>
- [8] Fundación Ellen MacArthur. (2023)
<https://ellenmacarthurfoundation.org/es/temas/presentacion-economia->

[circular/vision-general](#)

[9] Cempre, Uruguay (2023)

Preguntas Frecuentes – CEMPRE Uruguay. (s. f.). <https://cempre.org.uy/preguntas-frecuentes>

[10] Banco Santander (2022)

<https://www.becas-santander.com/es/blog/materiales-reciclables.html>

[11] Abito, Uruguay – Manual de reciclaje

<https://abito.com.uy/que-hacemos/capacitaciones-charlas-y-talleres/>

[12] Abito (2023), Uruguay

Abito. (2023, 24 febrero). *Inicio - Abito - Trabajamos en la gestión de tus residuos.*

<https://abito.com.uy/>

[13] Ecotecno (2023), Uruguay

<https://www.ecotecno.com.uy/>

[14] Uruplac (2023), Uruguay

<http://www.uruplac.com.uy/inicio/es>

[15] Rotondaro (2023), Uruguay

<https://www.rotondaro.com.uy/>

[16] Ecopet (2023), Uruguay

<https://ecopet.com.uy/sitio/>

[17] Plasticoín (2023), Uruguay

<https://www.plasticoin.com.uy/>

[18] Werba (2023), Uruguay

<https://werbasa.com/>

[19] De Los Ángeles Orfila, M. (2022, diciembre 14). UTEC diseña contenedor de residuos inteligente y anti incendio. *EL PAÍS*. <https://www.elpais.com.uy/vida-actual/utec-disena-contenedor-de-residuos-inteligente-y-anti-incendio>

[20] Díaz, Cristian, Caldas Jorge (2018). *Sistema de control automático para el reconocimiento y clasificación de residuos reciclables (plástico, vidrio, papel y metal) para un punto ecológico*. <https://hdl.handle.net/10983/22412>