

---

## Implementación de automatización de apertura en un basurero, en el distrito metropolitano de Quito

### Implement the automation of opening a garbage dump in the metropolitan district of Quito

Edison Alexander Jiménez Córdor <sup>1</sup>, Gerardo Moisés Herrera Roldan <sup>2</sup>, Yemala Castillo Brito <sup>3</sup>.

---

#### Resumen:

Un basurero inteligente es de suma importancia para mantener un correcto orden en cualquier sitio en el que se encuentre, sobre todo ayuda a mejorar la calidad del medio ambiente por los desperdicios que se producen día a día, lo que evita que los malos olores, virus y parásitos se propaguen, a la vez que se minimiza el contacto con el contenedor. El objetivo de la investigación es automatizar la apertura de un basurero inteligente por reconocimiento de voz y detección de proximidad optimizando su funcionamiento. Este estudio se enmarca en el paradigma positivista, descriptivo, con diseño experimental y del tipo de campo, se utilizó la zona de impacto No. 9 del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), para ello, se seleccionaron 50 personas como muestra para la recolección de los datos. Se diseñaron dos basureros eléctricos que se abren automáticamente, por reconocimiento de voz y un sensor de proximidad, el reconocedor de voz cuenta con una palabra clave (open-abrir) para su respectiva apertura, sin embargo, puede ser cambiada según su gusto ya que puede identificar hasta 80 comandos diferentes. El sensor por proximidad funciona al acercarse la mano o inclusive cualquier objeto a un mínimo de 10 cm de distancia, uno de sus transductores emite y el otro transmite; a su vez, se implementará un LCD en ambos basureros que mostrará el estado en el que se encuentran, además, de una pequeña cuenta regresiva para su respectivo cierre.

*Palabras clave:* Arduino, automatización, basurero, bioseguridad, electrónica, inteligente, sensores.

#### Abstract:

*A smart garbage can is of the utmost importance to maintain a correct order in any place where it is located; above all, it helps to improve the quality of the environment due to the waste that is produced every day, which prevents foul odors, viruses, and parasites from spreading while minimizing contact with the container. The research aims to automate the opening of an intelligent garbage can by voice recognition and proximity detection, optimizing its operation. This study is part of the positivist, descriptive paradigm, with an experimental design and the type of field. The impact*

---

<sup>1</sup> Tnlgo. en Automatización e Instrumentación.

<sup>2</sup> Mg. en electrónica y automatización, <https://orcid.org/0000-0001-6761-5227>

<sup>3</sup> Investigador independiente, Phd. en Educación, <https://orcid.org/0000-0002-6500-0744>

Autor de correspondencia: [gherrera2k1@gmail.com](mailto:gherrera2k1@gmail.com)

zone No. 9 of the Metropolitan District of Quito (DMQ) was used; for this, 50 people were selected as a sample for the collection. of the data. Two electric garbage cans that open automatically were designed with voice recognition and a proximity sensor; the voice recognizer has a keyword (open-open) for its respective opening, howe. However, it can be changed according to your taste since it can identify up to 80 commands. The proximity sensor will work when you bring your hand closer or even any object at a minimum of 10 cm away; one transducer emits, and the other transmits; in turn, an LCD will be implemented in both garbage cans that will show the state in which they are, in addition to a small countdown for their respective closure.

*Keywords: Arduino, automation, biosecurity, dumpster, electronics, sensors. smart,*

---

*Historial del artículo*

*Recibido para evaluación: 31 octubre 2022.*

*Aprobado para publicación: 15 noviembre 2022*

## Introducción

Hoy en día, la humanidad completa se está enfrentando a una realidad totalmente diferente, tanto en avances tecnológicos como en el aspecto contaminante, se puede afirmar que el humano ha contribuido con grandes inventos que han mejorado su calidad de vida, más aún, en el campo tecnológico el cual, ha tenido gran impacto en el mundo entero. Por el contrario, los humanos se han encargado de crear un sin número de tragedias ambientales, por ejemplo, los contaminantes y como resultado la presencia y transmisión de virus y bacterias, tal es el caso del SARS CoV-2 que, en estos últimos años, afectó y sigue afectando a millones de personas.

Dentro de esta nueva era, los impactos ambientales negativos, se basan principalmente en aquellas actividades que los seres humanos realizan día tras día, como resultado se enfrenta a diversas enfermedades e infecciones que podrían ser mortales, como es el caso del virus llamado Covid-19, los cuales generalmente son transmisibles por contacto directo e indirecto (Farzan, 2020). Pese a que existen distintas maneras de contagio de virus y bacterias, hay que considerar los basureros y más aún los públicos, por lo que se sugiere tener el menor contacto con los basureros tradicionales.

Las ciudades inteligentes necesitan contenedores de basura inteligentes para alcanzar una gestión óptima de la basura, según Zhu et al. (2019), esta administración mejoraría los niveles de salud de la ciudadanía. El tratamiento inteligente de la basura urbana es un componente importante de la creación de una ciudad inteligente y también resuelve varios problemas asociados con disposición de la basura. Muchos basureros tradicionales se distribuyen ampliamente, lo que resulta en un desperdicio de recursos humanos y materiales.

En este contexto, Zhu, et al. (2019) proponen un sistema inteligente basado en la computación de borde y el Internet de las cosas de banda estrecha (NB-IoT) para monitorear contenedores de basura inteligentes (STC). Los botes de basura inteligentes desplegados se distribuyen por toda la ciudad y están equipados con una variedad de sensores, incluidos: el de compresión, de ubicación, infrarrojos y de alarma. Los datos enviados desde los contenedores inteligentes se procesan previamente a través de nodos de borde para la clasificación de datos y la transmisión de prioridad, lo que reduce el ancho de banda de transmisión de red requerido, y las tareas computacionales en el centro de datos centralizado.

Es importante destacar, que el NB-IoT es una tecnología de comunicación de banda estrecha con bajo consumo de energía, amplia cobertura, bajo costo y gran capacidad. Los resultados experimentales demostraron que el sistema STC tiene un buen rendimiento y permite una gestión de la basura en las ciudades inteligentes.

Así mismo, Rahmayanti, Syani & Oktaviani, (2019), propuso crear un bote de basura que pudiera determinar el tipo de residuo a desechar y disponerlo automáticamente en el barril adecuado para ser implementado en una ciudad inteligente basada en Arduino y Android, ya que el gobierno proporciona diferentes botes de basura para que las personas puedan clasificar la basura según su tipo y de esta manera poder reciclar los desechos. Sin embargo, hay algunas personas que no cuentan con la información sobre en qué tinajas tienen que arrojar la basura, por lo que al final la desechan en cualquier barril.

Dada las circunstancias actuales se hace necesario establecer un medio de bioseguridad para precautelar la salud de la población y una ellas son, crear un

basurero de apertura automática (basurero inteligente), siendo una actividad novedosa implementando la automatización de la misma en la ciudad de Quito.

De acuerdo a lo expuesto, en la investigación se planteó como objetivo general, automatizar la apertura de un basurero inteligente por reconocimiento de voz y detección de proximidad optimizando su funcionamiento, y para lograrlo se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Diagnosticar la necesidad de construir un basurero inteligente por reconocimiento de voz y detección de proximidad, disminuyendo el contacto físico y el contagio de enfermedades.
- Diseñar un software para la apertura de un basurero inteligente por reconocimiento de voz y detección de proximidad, utilizando Proteus.
- Programar un software que permita el funcionamiento del basurero inteligente por reconocimiento de voz y detección de proximidad, usando Arduino Studio.

## **Metodología**

La presente investigación está enmarcada en un paradigma positivista, dado que se realizó “siguiendo un proceso secuencial, organizado y riguroso para comprobar una hipótesis o responder la pregunta de investigación de manera objetiva” (p. 12), según lo sugerido por Castillo, Gómez, Taborda y Mejía (2021). Igualmente, el nivel de la investigación es descriptivo, ya que según los autores mencionados estos proyectos “miden la variable de estudio de manera independiente, centrándose en develar información acerca del qué, cómo, cuándo y dónde ocurre el fenómeno investigado para realizar una caracterización o descripción completa del mismo” (p. 15).

El diseño es experimental, ya que la investigación se llevó a cabo con la manipulación de variables y la experimentación con las pruebas de la automatización, y el tipo es de campo, ya que se recolectaron los datos directamente de los sujetos investigados.

Para la muestra se consideró en la investigación la zona de impacto No. 9 del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), por la cantidad de personas que residen en el mismo se considera una población infinita, por lo que se calculó la muestra con la fórmula propuesta por Arias y Covinos (2021), resultando 50 personas.

Se utilizó como técnica, la encuesta, a la que (Hernández & Chacón, 2019, pág. 14) la definen como una “técnica primaria de obtención de información sobre la base de un conjunto, objetivo, coherente y articulado de preguntas, que garantizaron que la información proporcionada por una muestra pueda ser analizada”. Se elaboraron ocho (8) preguntas con el propósito de reunir los datos requeridos y proceder a realizar su respectivo análisis. Las preguntas tienen un orden y contienen las opciones de respuestas para seleccionar la que consideren pertinente y se presenta a continuación en el recurso en línea (Jiménez, 2022a).

Es importante mencionar que el instrumento fue validado por tres expertos en el área temática, quienes se encargaron de revisarlo y aprobarlo, para luego ser aplicado empleando la herramienta Google forms. Dado que la investigación se centró

en el enfoque cuantitativo, los datos obtenidos se analizaron empleando la estadística descriptiva, y los resultados se presentaron mediante tablas de frecuencia.

## **Resultados**

Los resultados reflejan de forma clara, objetiva e imparcial los hallazgos obtenidos en el proceso de investigación, en concordancia con cada objetivo específico planteado, logrando cumplir con el objetivo general, apoyados con representaciones gráficas y el análisis estadístico. Es importante mencionar que para el desarrollo de la investigación se procedió a ejecutar las fases descritas a continuación:

1. Investigación previa para poder definir y evaluar el mejor método de construcción del basurero inteligente con respecto al circuito.
2. Investigación de comandos para la construcción del programa que servirá como base para el microcontrolador del basurero inteligente.
3. Simulación en Proteus del circuito para comprobar su correcto funcionamiento.
4. Búsqueda de materiales de distintos proveedores para evaluar los mejores precios.
5. Construcción y verificación física del funcionamiento del circuito.
6. Ensamblaje del basurero inteligente.

### **Resultados del diagnóstico / diseño**

El diagnóstico se realizó a través de una encuesta, donde se obtuvieron los resultados descritos a continuación:

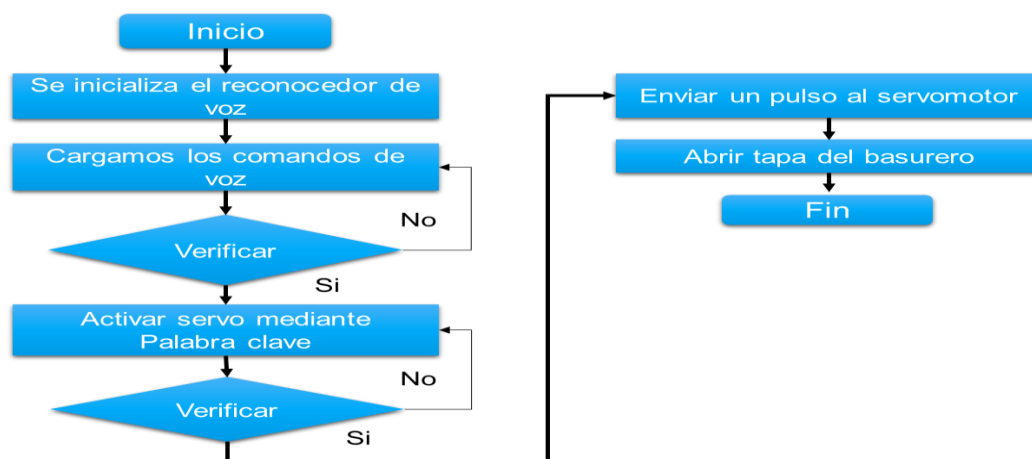
Con respecto al género de las personas no hubo diferencias significativas dado que el 50% de los encuestados fueron mujeres y el otro 50% hombres. El 30% de los encuestados tiene ocupación de vendedor y el 20% son choferes, el resto está repartido equitativamente entre costurera, albañil, deportistas y personal de seguridad. A la pregunta de dónde arrojan la basura, el 60 % de las personas afirmaron que la arrojan en el basurero, el 30% en un tacho de basura, y el 10% en un contenedor, así mismo, el 90% indica siempre arrojar los desechos al basurero. De igual manera, 90% afirmó tener contacto con el basurero y por esto consideran estar en riesgo de contraer bacterias.

Por su parte, el 100% de los encuestados manifestaron que les agradaría tener un basurero inteligente, el 90% de las personas piensan que un basurero con apertura automática disminuiría el contagio de bacterias, hongos, virus y parásitos. Igualmente, el 70% mostró preferencia por el basurero con apertura por reconocimiento de voz y el resto prefieren un basurero con apertura por aproximación.

Por lo tanto, para el software que realice la apertura de un basurero inteligente, se procedió en primera instancia a elaborar un diseño para su funcionamiento, tanto con reconocedor de voz como con sensor de proximidad. Con respecto al primer caso, se inicia el reconocedor de voz con el Arduino, luego el usuario ejecuta los comandos de voz, mientras el equipo está en un ciclo de espera por recibir órdenes de voz, después el equipo, verifica el comando de abrir, para lo cual, ordena el encendido del servomotor, éste abre la tapa del basurero, y posteriormente espera 3 segundos para ordenar con el servomotor cerrar la tapa, mientras un display LCD muestra los segundos que resta abierto, y finalmente, espera por una nueva orden de voz. Este proceso se representó a través del diagrama de flujo como se observa en la Figura 1.

**Figura 1**

*Diagrama de funcionamiento del basurero con reconocedor de voz*

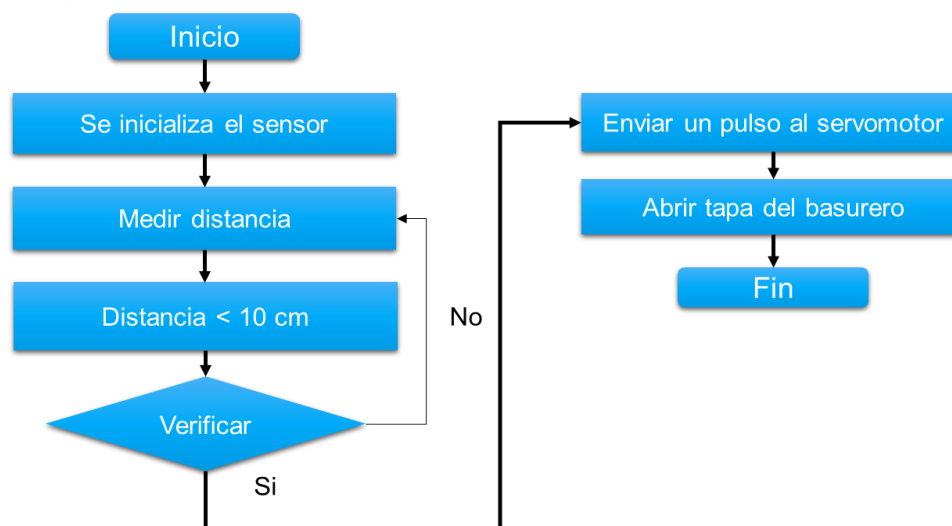


Fuente: Elaboración propia de los autores (2022).

Así mismo, se analizó el proceso para el funcionamiento del basurero con sensor de proximidad, en este caso, inicia el reconocedor de proximidad con el Arduino, luego el usuario se acerca al basurero encontrándose a una distancia de 10 cm, mientras el equipo está en un ciclo de espera por un obstáculo frente al basurero de 10 cm, luego el equipo, verifica la distancia máxima de 10 cm al obstáculo, y ordena encender el servomotor, el cual, abre la tapa del basurero, y posteriormente espera 3 segundos para concretar con el servomotor cerrar la tapa, mientras simultáneamente un display LCD muestra los segundos restantes con la tapa abierta, y finalmente espera por un nuevo obstáculo a la distancia máxima mencionada. Este proceso se representa en el siguiente diagrama en la Figura 2.

**Figura 2**

*Diagrama de funcionamiento del basurero con sensor de proximidad*



Fuente: Elaboración propia de los autores (2022).

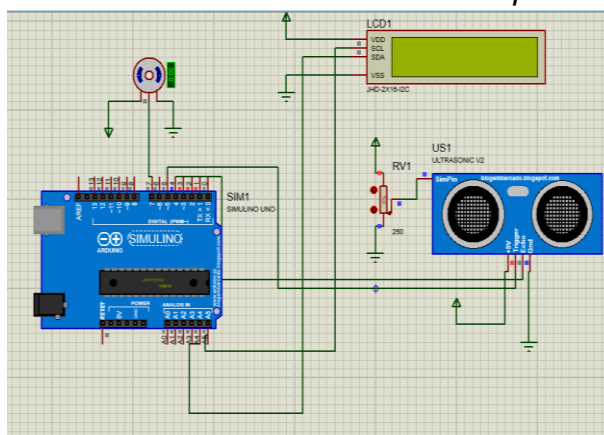


Es importante mencionar, que al ensamblar el equipo se observó que en algunas oportunidades se colgaba el programa, por lo hubo que crear unos tiempos de espera (delay) para que existiera una comunicación bidireccional entre el reconocedor de voz y el Arduino.

Una vez finalizado el diseño, se procedió a realizar una simulación electrónica del basurero inteligente antes de ensamblar, para este fin se utilizó el programa Proteus, que permitió verificar la funcionalidad de los requerimientos. Estos resultados pueden observarse en la Figura 3, usando un sensor de proximidad y también en la Figura 4, empleando reconocimiento de voz, igualmente se encuentra el programa en el repositorio Github (Jiménez, 2022b).

**Figura 3**

*Diagrama de simulación del basurero con sensor de proximidad en Proteus*

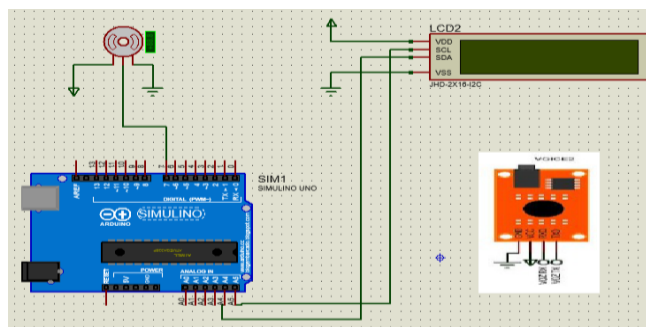


Fuente: Elaboración propia de los autores (2022).

Seguidamente, una vez que fueron verificadas las funcionales en el simulador, se procedió a realizar el presupuesto para construir el basurero inteligente, considerando los costos de producción, siendo éstos con los renglones de costos directos, indirectos y mano de obra, calculando un monto de aproximadamente \$200 por basurero a programar.

**Figura 4**

*Diagrama de simulación del basurero con reconocedor de voz en Proteus*



Fuente: Elaboración propia de los autores (2022).

Para la programación del software de control del basurero inteligente se consideró Arduino Studio, utilizando las librerías de Lenguaje C++ propuestas para tal fin.–La tecnología desarrollada cuenta un programa para la apertura automática de detección de proximidad y uno con reconocimiento de voz y de esta manera se disminuye considerablemente el contacto físico persona – basurero. El programa desarrollado se encuentra en el repositorio de versiones GitHub, en el siguiente enlace (Jiménez & Herrera, 2022a).

### Pruebas en la implementación

Es importante mencionar que, durante las pruebas del programa para medir la funcionalidad, se identificó que el servomotor que levanta y cierra la tapa del basurero de 9,4 Kg/cm<sup>2</sup>, no cumplió con las expectativas por lo que se requirió sobrecargar aplicando seis (6) voltios con lo que se obtienen 11 Kg/cm<sup>2</sup>. aunque mejoró la velocidad con la que manipula la tapa, no se adquirió la fuerza suficiente para lograr el objetivo planteado. En la Figura 5, se muestra el prototipo ensamblado.

#### Figura 5

*Producto terminado del basurero con reconocedor de voz*



Fuente: Fotografía tomada por los autores (2022).

Por último, se elaboró un manual para el uso correcto del software, el cual tiene como finalidad mostrar las bondades y funcionalidades de la aplicación, una guía de cómo usarla, y donde se explica cada elemento que se visualiza en el mismo. Este manual se encuentra alojado en el siguiente repositorio (Jiménez & Herrera, 2022b).

### Discusión

En la investigación se procedió a construir el programa para el basurero con algoritmos para la apertura por reconocimiento de voz y con sensor por aproximación



utilizando Android studio, tal como lo propusieron Azmi, William, Salim, Hartanto, & Tham (2019), quienes desarrollaron botes de basura inteligentes con un sensor de proximidad (ultrasónico) para detectar la altura de la basura, el sensor PIR (Passive Infra Red) para detectar la presencia humana y Arduino como centro de procesamiento de datos.

Igualmente, Verma & Shukla (2021), crearon un sistema de monitoreo de basura para mejorar la gestión de los desechos y aumentar la limpieza en la sociedad, utilizando Smart Trash Can con un sensor ultrasónico Arduino, tal como se realizó en esta investigación, sin embargo, le adicionaron un detector de incendios.

## **Conclusiones**

Una vez concluida la investigación, se logró identificar, en primera instancia, que el basurero inteligente tiene una gran aceptación por parte del público y lo consideran muy atractivo a la hora de depositar los diferentes tipos de desechos, ya que disminuye el contacto físico al tratar de abrir la tapa del tacho, todo ello, debido a que la apertura se realizará mediante reconocimiento de voz y por detección de proximidad. También cuenta con un display (LCD) que muestra el estado en el que se encuentra el basurero. Este tipo de proyectos se ha hecho muy importante en los últimos tiempos dado que apunta al mejoramiento del medio ambiente empleando ~~en~~ el avance tecnológico en las ciudades.

Con respecto al diseño, se puede indicar que se observó una discrepancia entre lo simulado y el prototipo ensamblado. En lo atinente a la situación presentada con el servomotor se recomienda insertar en la placa del basurero un divisor de voltaje o un reductor de voltaje para que se utilice una sola fuente de poder de 6v, ya que se tendrá que repartir los 5v en el Arduino y los 6v en el servomotor en caso de utilizar el modelo MG996R y no tenga la suficiente fuerza de torque para abrir la tapa del basurero. según lo indicado por Ali et al. (2022), dado que describen el proceso de seleccionar adecuadamente el servomotor.

## **Declaración de conflicto de intereses**

Esta investigación fue autofinanciada.

## **Referencias**

- Ali, A. H., Kazmi, S. M. H., Poonja, H. A., Khan, H., Shirazi, M. A., & Uddin, R. (2022). Motor Parametric Calculations for Robot Locomotion. *Engineering Proceedings*, 20(1), 8.
- Arias González, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación.
- Azmi, F., William, W., Salim, K. K., Hartanto, T. T., & Tham, F. (2019). Design of Smart Trash Can Using Fuzzy Logic Algorithm Based on Arduino. *JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING*, 3(1), 150-154.

- Castillo, B. E., Gómez, R. J., Taborda, Q. L., & Mejía, M. A. (2021). *¿Cómo Investigar en la UNIB.E?* (Primera ed.). Quito: Qualitas.
- Hernández-Vásquez, A., & Chacón-Torrico, H. (2019). Manipulación, análisis y visualización de datos de la encuesta demográfica y de salud familiar con el programa R. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 36, 128-133.
- Jiménez, E. (2022a). *Encuesta para la Papelera Inteligente*. Github. [https://github.com/gherrera2k1/papelera\\_inteligente/blob/main/Encuesta.pdf](https://github.com/gherrera2k1/papelera_inteligente/blob/main/Encuesta.pdf)
- Jimenez, E. (2022b). *Papelera Inteligente*. Github. [https://github.com/gherrera2k1/papelera\\_inteligente](https://github.com/gherrera2k1/papelera_inteligente)
- Jiménez, E., & Herrera, G. (2022a). *Programación de la Papelera Inteligente*. Github. [https://github.com/gherrera2k1/papelera\\_inteligente/blob/main/trabajo%20de%20titulacion.pdsprj.zip](https://github.com/gherrera2k1/papelera_inteligente/blob/main/trabajo%20de%20titulacion.pdsprj.zip)
- Jiménez, E., & Herrera, G. (2022b). *Manual de funcionamiento de la Papelera Inteligente*. Github. [https://github.com/gherrera2k1/papelera\\_inteligente/blob/main/Manual%20para%20un%20correcto%20uso%20y%20mantenimiento%20del%20basurero%20Automatizado.pdf](https://github.com/gherrera2k1/papelera_inteligente/blob/main/Manual%20para%20un%20correcto%20uso%20y%20mantenimiento%20del%20basurero%20Automatizado.pdf)
- Rahmayanti, H., Syani, Y., & Oktaviani, V. (2019). Prototype Smart Trash Can for Implementation Smart Environment in the Smart City based on Arduino and Android. *KnE Social Sciences*, 618-624.
- Verma, P., & Shukla, A. K. (2021, August). Smart Trash Can System with Ultrasonic Sensor and Flame Detector using Arduino. In *2021 8th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)* (pp. 934-937). IEEE.
- Verma, P., Shukla, A. K., & Kaur, S. (2021, September). Arduino Sigfox in Smart Trash Can System. In *2021 9th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions)(ICRITO)* (pp. 1-4). IEEE.
- Zhu, Y., Jia, G., Han, G., Zhou, Z., & Guizani, M. (2019, June). An NB-IoT-based smart trash can system for improved health in smart cities. In *2019 15th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC)* (pp. 763-768). IEEE.