

## ***Uso de la Visión Artificial para la Clasificación de Residuos Sólidos***

**Darío Javier Castillo Ochoa<sup>1</sup>; Luis Fernando Aguas Bucheli<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Universidad Tecnológica Israel - Carrera de Ingeniería de Sistemas, Quito – Ecuador  
[laguas@uisrael.edu.ec](mailto:laguas@uisrael.edu.ec)

---

### **RESUMEN**

La tecnología de visión artificial se ha utilizado con éxito en el proceso de gestión y clasificación de basura. Esta tecnología permite a las máquinas percibir el mundo que las rodea a través de imágenes y videos, y se utiliza para clasificar la basura por tipo y color, así como para detectar objetos no permitidos en los contenedores. La gestión de residuos es uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta hoy en día, y se estima que cuesta 200.000 millones de dólares al año. La visión artificial puede ayudar a reducir este costo mediante la automatización del proceso de clasificación de residuos, lo que permite una gestión más eficiente y precisa.

La tecnología de visión artificial se basa en el uso de sensores ópticos que capturan imágenes de los residuos y luego se analizan mediante algoritmos de aprendizaje profundo. Esto permite una clasificación rápida y precisa de los residuos, lo que contribuye a una mejor gestión y a reducir el impacto ambiental. Además, el uso de la visión artificial para la gestión de residuos permite una mayor eficiencia en el proceso.

**Palabras Calve:** algoritmos de aprendizaje automático, inteligencia artificial para clasificación de basura

### **ABSTRACT**

Machine vision technology has been successfully used in the waste management and sorting process. This technology allows machines to perceive the world around them through images and videos, and is used to classify garbage by type and color, as well as to detect objects not allowed in containers. Waste management is one of the biggest challenges facing it today, costing an estimated \$200 billion a year. Machine vision can help reduce this cost by automating the waste sorting process, enabling more efficient and accurate management.

Machine vision technology is based on the use of optical sensors that capture images of waste and are then analyzed using deep learning algorithms. This allows fast and accurate sorting of waste, which contributes to better management and reduced environmental impact. In addition, the use of machine vision for waste management allows greater efficiency in the process.

**Keywords:** : machine learning algorithms, artificial intelligence for garbage sorting

## INTRODUCCIÓN

La visión por computadora es una tecnología emergente y poderosa con una variedad de aplicaciones potenciales. Uno de los usos más prometedores de la visión artificial es la clasificación de residuos, clasificar los desechos lleva mucho tiempo y puede ser peligroso hacerlo manualmente, pero la visión por computadora tiene la capacidad de hacerlo de manera rápida y precisa.

La visión artificial es una rama de la inteligencia artificial que se ocupa del procesamiento y la comprensión de imágenes. Se ha utilizado para muchos propósitos, incluida la clasificación de imágenes, el reconocimiento de objetos y la navegación de robots.

En los últimos años, con el desarrollo de la inteligencia artificial, ha mejorado mucho el potencial de la visión artificial para las soluciones de clasificación de basura. El proceso de clasificación al reconocer diferentes tipos de desechos y luego transportarlos a sus respectivos contenedores con la ayuda de la visión artificial, la clasificación de basura se está volviendo más eficiente y precisa que nunca.

El desarrollo de la inteligencia artificial en la clasificación de basura no es solo una tendencia del pasado, sino también del

presente con más y más empresas que buscan mejorar sus procesos utilizando IA, esta tendencia seguirá creciendo en el futuro.

Además, la visión artificial también se puede utilizar para desarrollar sistemas automatizados de clasificación de residuos que funcionan sin intervención humana.

Estos sistemas pueden detectar y clasificar automáticamente los residuos mediante cámaras y sensores, lo que acelera el proceso de clasificación y reduce la necesidad de personal para realizar esta tarea. Otra forma en que la visión por computadora puede ayudar con la clasificación de desechos es mediante el uso de sistemas de visión por computadora en la nube. Estos sistemas le permiten procesar de manera rápida y eficiente grandes cantidades de imágenes y videos no deseados utilizando potentes servidores en la nube.

Esto permite a las empresas y organizaciones manejar la clasificación de residuos de manera más eficiente y a costos más bajos.

En resumen, la visión artificial es una tecnología que se puede utilizar de muchas maneras en la clasificación de residuos. Esta tecnología permite que las máquinas analicen y clasifiquen los desechos de manera precisa y automática, lo que ayuda

a reducir el impacto ambiental y a conservar los recursos naturales.

## MARCO TEÓRICO

La visión artificial es una solución prometedora al problema de la clasificación de objetos en la gestión de residuos. Se puede usar para automatizar el proceso de clasificación y recolección al reconocer objetos en los desechos y luego guiar la maquinaria para recolectarlos. También es una forma más eficiente y sostenible de realizar esta tarea. La contaminación es la raíz de muchos de los problemas sociales actuales.

El tratamiento y eliminación de desechos crea muchos problemas ambientales y de salud graves. Estas preguntas son cada vez más relevantes a medida que aumenta el número de personas; al observar la naturaleza de los desechos, vemos que los desechos sólidos se pueden dividir en cuatro categorías principales.

Estas categorías son residuos de alimentos, papel y plástico, residuos de construcción, demolición y vidrio; cada grupo tiene características diferentes que ayudan a identificar y gestionar adecuadamente los residuos.

Primero, necesitamos entender cómo el ojo humano interpreta diferentes texturas y

colores. Cuando miramos un objeto, nuestros ojos se enfocan en diferentes partes del objeto en diferentes momentos. Esto se llama visión binocular y nos permite ver claramente a pesar de las diferencias en la agudeza de nuestros ojos.

Nuestra visión binocular nos permite ver claramente los objetos que están cerca o lejos, también podemos movernos de un punto focal a otro al mismo tiempo, una habilidad llamada convergencia u ojo convergente, que nos permite ver objetos de cerca. Esto es útil cuando se comprueban los productos en busca de defectos; además, nuestros ojos tienden a enfocarse en áreas claras y oscuras en diferentes momentos, esto se llama diplopía o visión doble y se usa para ayudarnos a ver en la oscuridad o con poca luz.

La clasificación de los residuos sólidos por visión artificial es una técnica de reciclaje automatizado que permite identificar y separar los diferentes tipos de residuos sólidos.

Esta técnica utiliza una cámara para capturar imágenes de los residuos sólidos y un algoritmo para clasificar las imágenes, los algoritmos utilizados para esta técnica suelen ser clasificadores basados en aprendizaje automático.

Los algoritmos de aprendizaje automático se entrenan con datos anteriores de los residuos sólidos para aprender a identificar los diferentes tipos de residuos sólidos, esto significa que el algoritmo puede identificar los distintos tipos de residuos sólidos sin la necesidad de etiquetar manualmente cada residuo.

Una vez que el algoritmo ha aprendido a identificar los diferentes tipos de residuos sólidos, puede ser utilizado para clasificar los residuos en varias categorías.

Esto representa que los residuos sólidos pueden ser clasificados en categorías como plásticos, vidrio, papel, metal y otros; esta clasificación es útil para los programas de reciclaje como el programa de separación de residuos.

La clasificación de los residuos sólidos por visión por computadora es una técnica relativamente nueva, pero ha demostrado ser una herramienta eficaz para la identificación automatizada de los diferentes tipos de residuos sólidos, esta técnica puede ayudar a reducir los costos de reciclaje al eliminar la necesidad de etiquetar manualmente los residuos.

Además, los programas de reciclaje pueden beneficiarse de la categorización automatizada de los residuos, permitiendo

un mejor procesamiento y reciclaje de los mismos.

La clasificación de residuos sólidos por visión computacional es una tecnología que ayuda a los usuarios a separar adecuadamente los residuos sólidos para su reciclaje o disposición.

El objetivo principal de esta tecnología es clasificar los residuos sólidos en grupos a partir de los caracteres visibles de sus componentes básicos.

La clasificación de residuos sólidos por visión computacional se basa principalmente en la recopilación de datos, el procesamiento de imágenes y la identificación de patrones con la ayuda de computadoras.

La intención es que los usuarios vean un objeto y la computadora pueda identificar de qué tipo de residuo se trata y determinar los pasos adecuados para su tratamiento. El entrenamiento es vital para que un sistema de clasificación de residuos sólidos por visión computacional funcione correctamente.

El entrenamiento debe incluir una gran cantidad de datos de los residuos sólidos para que el sistema los reconozca correctamente, estos datos se pueden obtener a partir de una variedad de fuentes, como imágenes de cámara, descripciones

textuales o mediante la recopilación manual de datos en el lugar. Una vez que se tienen los datos apropiadamente clasificados, es necesario utilizar técnicas de procesamiento de imágenes para extraer características relevantes de los residuos sólidos, estas características incluyen forma, color, textura y tipo de material. Posteriormente, se usan algoritmos avanzados para poder llevar a cabo la clasificación.

Las tecnologías de clasificación de residuos sólidos por visión computacional ayudan a reducir la carga de trabajo de los usuarios al tiempo que mejoran sustancialmente los procesos de reciclado y disposición, estos sistemas pueden ayudar a construir un planeta más saludable para futuras generaciones.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para desarrollar el proyecto se utilizó el método de investigación deductivo (Abreu, 2014), mediante el cual se puede realizar el análisis de lo general a lo específico, y luego llegar a los resultados de la investigación.

En resumen, el método deductivo permite generalizar a partir de casos particulares y ayuda progresar en el conocimiento de las realidades estudiadas. En este sentido, los futuros objetos de estudio, parecidos a los

recopilados en la formulación científica general que se ha inducido, podrán ser entendidos, explicados y pronosticados sin que aun ocurran, y, además serán susceptibles de ser estudiados analítica o comparativamente.

La población a la cual va dirigida el proyecto es a la comunidad estudiantil de la Universidad de Israel. Para la muestra se cuenta con una población de aproximadamente de 800 estudiantes matriculados en las diferentes carreras de la Universidad Israel, de los cuales se toman como muestra a los estudiantes de la carrera de informática que cuenta con una población de 24 estudiantes matriculados.

## **RESULTADOS**

Para la primera iteración de este modelo tomamos los pesos de las capas que están por defecto, agregando una capa de aplanado (flatten) para darle paso a una capa más densamente conectada para entrenarse con las imágenes de nuestro conjunto de datos.

Por último, agregamos una capa con 7 posibles salidas, las cual se activa con una función exponencial normalizada (softmax). Como resultado obtuvimos un 'Accuracy' de 80% en entrenamiento y 86% en validación.

## VGG-16 e InceptionResNetV2

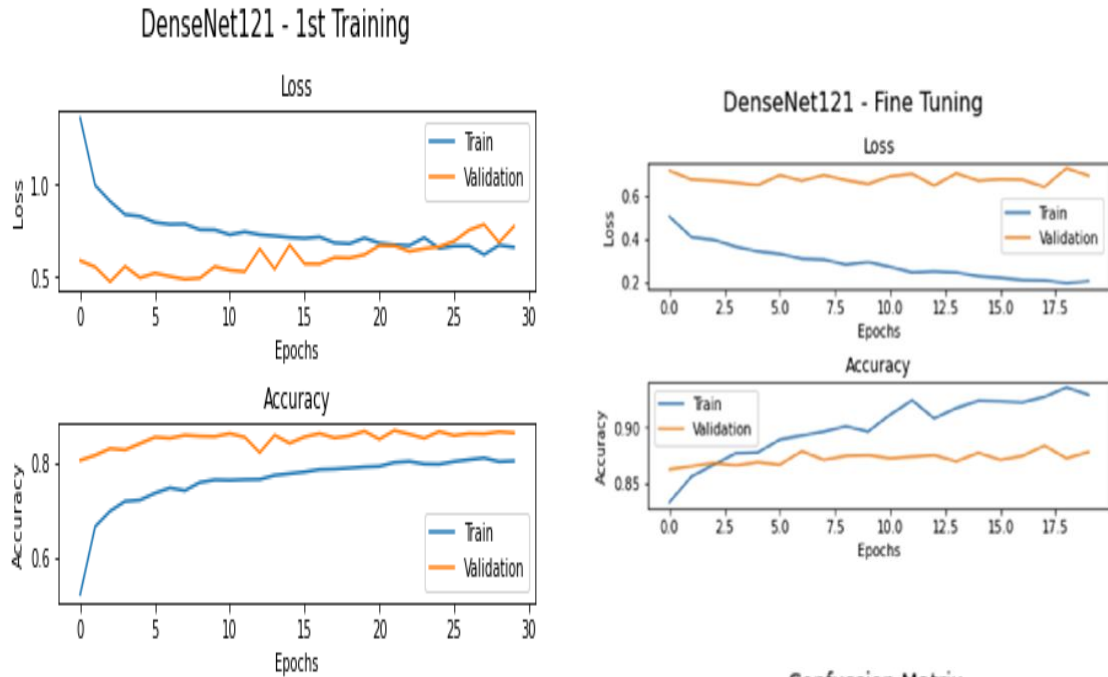
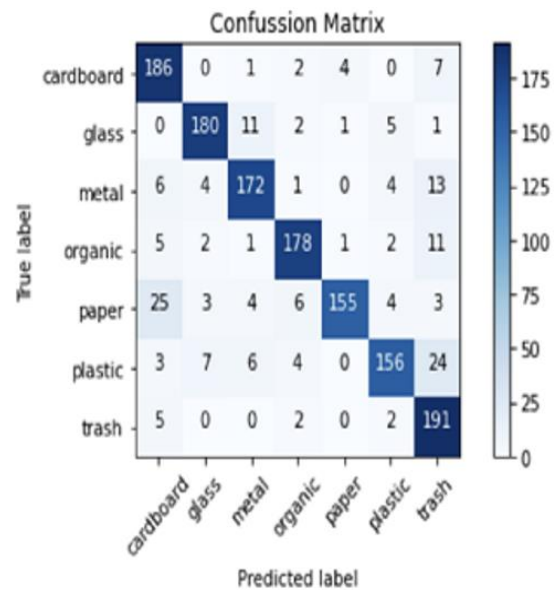


Figura 1: Métricas primer entrenamiento modelo DenseNet121

Como parte de las mejoras, hicimos un cambio al modelo construido. El último conjunto de capas densas se dejó como entrenable, es decir, a partir de la capa 313. Después de volver a entrenar el nuevo modelo, obtuvimos un ‘Accuracy’ de 92% en entrenamiento, 88% en validación.

Como se puede ver en la matriz de confusión, el modelo tuvo problemas con aquellos que pudieran considerarse similares como cartón y papel, o metal y vidrio.

Figura 2: Métricas segundo entrenamiento modelo DenseNet121



También evaluamos estos dos modelos previamente entrenados con los datos de imágenes. En cuanto a la parte de implementación, la VGG-16 es mucho más simple, pero su tiempo de ejecución contra sus resultados nos hizo descartarla rápidamente. InceptionResNetV2 considera una ejecución más rápida, pero también los



resultados no fueron tan buenos como con DenseNet121, es por ello que esta se descartó.

En ambos modelos se hizo un proceso similar con DenseNet121, se utilizaron los pesos por defecto exceptuando la última capa, la cual se entrenó con nuestro set de datos, de la misma manera se agregó una capa final para tener el número de salidas requeridas para nosotros.

Para VGG-16 obtuvimos un ‘Accuracy’ de 92% en entrenamiento, 85% en validación. Pero a la hora de hacer las predicciones, se puede ver en la matriz de confusión que no se obtuvo buenos resultados. Este modelo lo descartamos para seguir con un proceso de mejoras.

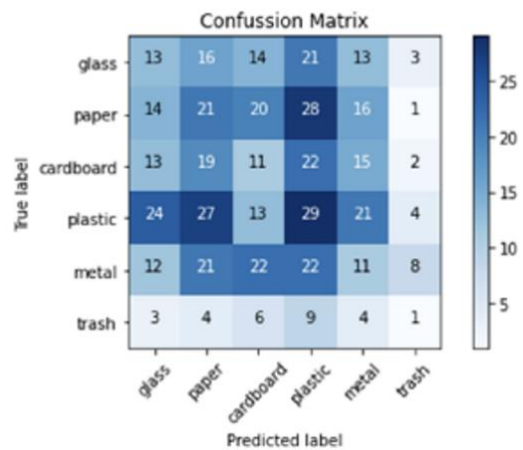


Figura 3: Métricas de entrenamiento modelo VGG-16

Para InceptionResNetV2, se le agregó una nueva capa densa y una capa más de salida con los 7 posibles valores. Los resultados arrojados con los pesos por defecto fueron un ‘Accuracy’ de 87% en entrenamiento, 73% en validación.

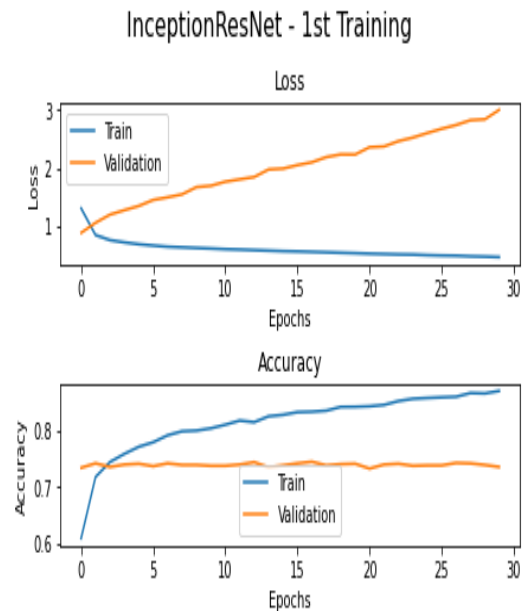
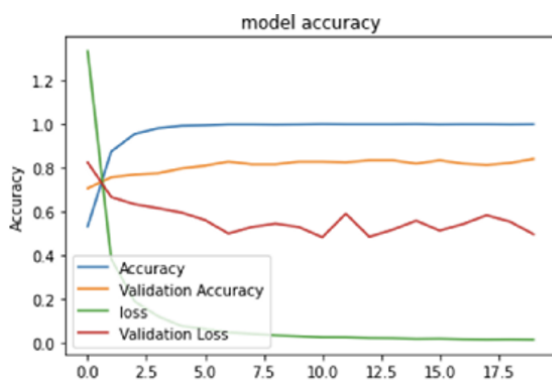


Figura 4: Métricas primer entrenamiento modelo InceptionResNet

Al igual que en el de DenseNet121, se dejó la última parte como entrenable, a partir de la capa 779. Los resultados obtenidos para 'Accuracy' fueron de 90% en entrenamiento, 74% en validación. Como se puede ver en la matriz de confusión, presentó más falsos negativos que el DenseNet121.

De este modelo concluimos que es muy probable que tenga un sobre ajuste en el entrenamiento, en las publicaciones este modelo es de los mejores para clasificación de imágenes. Necesitamos un estudio más profundo de este modelo para entenderlo mejor, entender cómo sacar todo el potencial y que nos dé mejores predicciones.

### DISCUSIÓN

La visión artificial es una tecnología que permite a las máquinas percibir y comprender el mundo que las rodea a través de imágenes y videos. Esta tecnología se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo la clasificación de basura.

La clasificación de basura es un proceso importante para gestionar de manera eficiente los residuos generados en una sociedad. Esto permite separar la basura de manera adecuada y reciclar aquellos materiales que pueden ser reutilizados, lo que contribuye a reducir el impacto ambiental y a ahorrar recursos naturales, la visión artificial puede ayudar en este proceso de clasificación de basura mediante el uso de sistemas de visión por computadora que son capaces de analizar imágenes y videos de los residuos y clasificarlos de acuerdo a sus

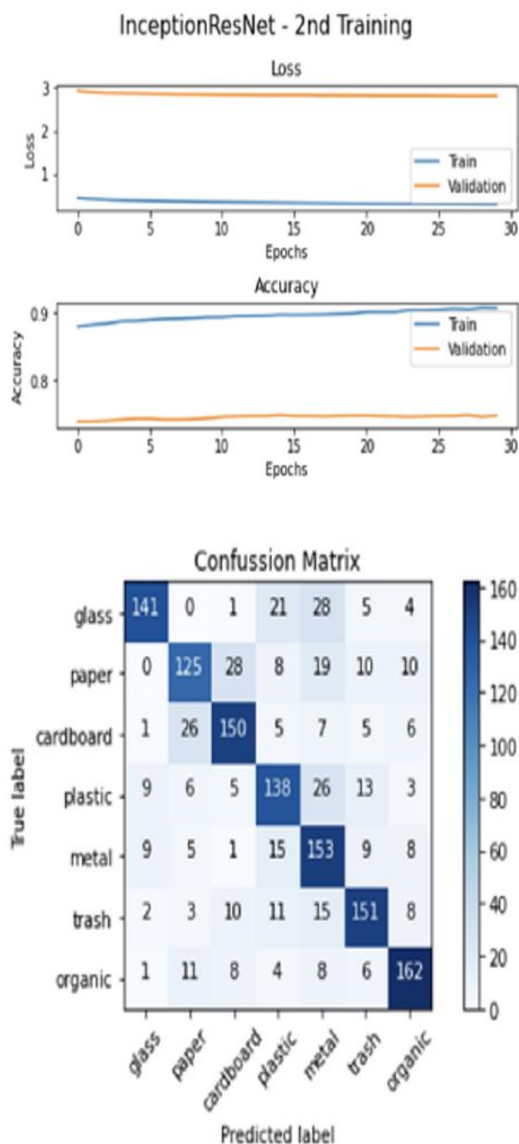


Figura 5: Métricas segundo entrenamiento modelo InceptionResNet



características. Estos sistemas utilizan algoritmos de aprendizaje automático que se entrenan con un gran conjunto de imágenes etiquetadas de diferentes tipos de basura, lo que les permite detectar y clasificar la basura de manera precisa.

Para entrenar estos sistemas de visión por computadora, se utilizan técnicas de aprendizaje supervisado. Esto implica proporcionar al sistema un gran conjunto de imágenes etiquetadas de diferentes tipos de basura, junto con las etiquetas correspondientes. El sistema utiliza estas imágenes etiquetadas para aprender a detectar y clasificar la basura de manera precisa.

Una vez que el sistema ha sido entrenado, se puede utilizar para analizar imágenes y videos de basura en tiempo real y clasificarlos de acuerdo a sus características. Para hacer esto, el sistema utiliza técnicas de procesamiento de imágenes para detectar y extraer características de las imágenes de basura, como formas, colores y tamaños. Estas características se utilizan como entrada para el algoritmo de aprendizaje automático, que las utiliza para clasificar la basura de manera precisa.

Además, la visión artificial también puede ser utilizada para diseñar sistemas de clasificación de basura automatizados que

pueden funcionar sin la intervención humana; estos sistemas pueden utilizar cámaras y sensores para detectar y clasificar la basura de manera automática, lo que permite acelerar el proceso de clasificación.

Sin embargo, la implementación de la visión artificial en la clasificación de basura no está exenta de controversias y desafíos. Uno de los principales problemas es el costo de esta tecnología, ya que los sistemas de visión por computadora pueden ser bastante caros y pueden requerir una inversión significativa en hardware y software. Además, la implementación de la visión artificial en la clasificación de basura puede requerir la capacitación de trabajadores para utilizar esta tecnología, lo que puede generar un costo adicional.

## CONCLUSIONES

A partir de lo discutido en el texto anterior, se pueden mencionar algunas conclusiones acerca de la visión artificial para la clasificación de basura:

- La visión artificial es una tecnología que puede ser utilizada para mejorar la eficiencia y precisión en el proceso de clasificación de basura.
- La visión artificial se basa en sistemas de visión por computadora que

utilizan algoritmos de aprendizaje automático para analizar y clasificar la basura de manera precisa.

- La implementación de la visión artificial en la clasificación de basura puede ser costosa y requerir la capacitación de trabajadores.

- La precisión de la visión artificial en la clasificación de basura puede estar limitada por ciertas restricciones técnicas.

- La implementación de la visión artificial en la clasificación de basura también puede generar preocupaciones en cuanto a la privacidad y seguridad de los datos.

- La visión por computadora se puede utilizar en el proceso de clasificación de basura mediante el uso de sistemas de visión por computadora que son capaces de analizar imágenes y videos de los residuos y clasificarlos de acuerdo a sus características.

- La tecnología de visión artificial se basa en el uso de sensores ópticos que capturan imágenes de los residuos y luego se analizan mediante algoritmos de aprendizaje automático.

- La visión artificial puede contribuir a reducir el impacto ambiental y ahorrar recursos naturales

- El uso de la visión artificial para la gestión de residuos puede ayudar a reducir el costo del proceso.

- La visión artificial puede clasificar los residuos de manera rápida y precisa.

- Mediante la visión artificial puede detectar objetos no permitidos en los contenedores de basura.

- La visión artificial puede mejorar la eficiencia en el proceso de clasificación de basura

## REFERENCIAS

- Liu, Y. y Chen, Y. (2017). Una revisión sobre la clasificación de residuos mediante visión artificial. *Gestión de residuos*, 67, 37-46.
- Fan, Y., Chen, Y. y Zhang, X. (2018). Una encuesta de algoritmos de aprendizaje profundo para la detección de anomalías no supervisadas y semisupervisadas. *Acceso IEEE*, 6, 52138-52149
- Zhang, Y. y Liu, Z. (2018). Una revisión de la tecnología de visión artificial para la clasificación de residuos. *Gestión de residuos*, 76, 127-136.
- Zhang, J. y Chen, Y. (2017). Clasificación de residuos basada en aprendizaje profundo utilizando redes neuronales convolucionales. *Gestión de residuos*, 68, 125-134.