

**Red Neuronal CNN Para Clasificación Binaria de Residuos  
(Orgánicos y Reciclaje)**

**Lorena Giraldo  
Sebastián Carrero Cardona  
Rafael Valencia  
Juan Camilo Hoyos Peña**

**Talento Tech**

**Ministerio TIC  
Colombia  
2024**

## **1. Introducción**

El proyecto propone una solución avanzada basada en inteligencia artificial para automatizar y optimizar la clasificación de residuos en la etapa final de recolección en plantas de reciclaje, específicamente cuando los desechos pasan por las bandas transportadoras. Utilizando redes neuronales convolucionales (CNN), la plataforma clasifica en tiempo real los materiales, diferenciando entre reciclables y orgánicos con alta precisión.

Este sistema complementa o reemplaza el trabajo manual de los operarios, permitiendo una clasificación más rápida, precisa y sin errores. Además, está diseñado para integrarse fácilmente con las instalaciones existentes, mejorando la productividad, reduciendo la carga de trabajo y la exposición a los desechos, y asegurando una mayor eficiencia en la separación de los materiales.

## **2. Objetivo General**

Desarrollar un modelo de clasificación de imágenes basado en redes neuronales convolucionales que distinga con precisión entre materiales orgánicos y reciclables, con el fin de optimizar la gestión de residuos y facilitar el proceso de clasificación automatizada en plantas de reciclaje. Este modelo servirá como la base tecnológica para un proyecto empresarial que ofrece soluciones avanzadas a la industria del reciclaje, promoviendo la sostenibilidad ambiental mediante la automatización eficiente de la clasificación de residuos.

## **3. Objetivos Específicos**

- Diseñar y entrenar un modelo de red neuronal convolucional para lograr una precisión superior al 90% en la clasificación de materiales orgánicos y reciclables, asegurando su confiabilidad para aplicaciones industriales.
- Desarrollar una estrategia de negocio para la implementación del modelo en el mercado de reciclaje, incluyendo análisis de viabilidad y proyecciones de impacto ambiental y financiero.
- Desarrollar un prototipo funcional que integre el modelo de clasificación en una plataforma adaptable a la tecnología y recursos existentes de los clientes en la industria del reciclaje, mejorando los tiempos de clasificación y validando su efectividad mediante retroalimentación para futuras optimizaciones.

## **4. Alcance**

El alcance del proyecto abarca el diseño y desarrollo de una solución de clasificación automatizada de residuos basada en redes neuronales convolucionales, con un enfoque en lograr una precisión de más del 90%. El proyecto tiene como meta mejorar la eficiencia en el reciclaje, optimizando tanto los procesos operativos como los resultados ambientales y financieros. El alcance incluye la creación de un modelo funcional y prototipo de aplicación, así como el desarrollo de un plan de negocio que asegure la viabilidad y escalabilidad del proyecto en el mercado del reciclaje.

#### 4.1. Desarrollo e Implementación de la Tecnología

En esta fase, se desarrollará y entrenará un modelo de red neuronal convolucional (CNN) especializado en la clasificación precisa de residuos reciclables y orgánicos. Las actividades incluirán:

- **Entrenamiento del modelo:** Crear una red neuronal capaz de reconocer y clasificar materiales con una precisión superior al 90%, utilizando datos representativos de residuos reciclables y orgánicos.
- **Optimización continua:** Mejorar el modelo de forma iterativa para adaptarlo a cambios en los tipos de residuos y condiciones de operación en plantas de reciclaje.
- **Validación del rendimiento:** Evaluar el modelo mediante pruebas con diferentes conjuntos de datos y en condiciones reales de operación para garantizar su robustez y fiabilidad.

#### 4.2. Estrategia Comercial y Escalabilidad

La comercialización del modelo se llevará a cabo mediante una estrategia de negocio enfocada en identificar las necesidades de los actores clave en la industria del reciclaje. Se trabajará en:

- **Identificación de mercados y actores clave:** Estudiar el mercado y los principales stakeholders en la industria del reciclaje para entender las necesidades específicas de cada segmento y la forma más efectiva de integrar la solución.
- **Ventajas competitivas:** Destacar los beneficios de la solución propuesta frente a otras tecnologías existentes, incluyendo su precisión, eficiencia y capacidad de integración con sistemas ya operativos en plantas de reciclaje.
- **Modelo de negocio escalable:** Desarrollar un plan financiero que contemple los costos de implementación, los potenciales ingresos y el retorno de inversión, además de evaluar el impacto ambiental positivo del modelo, lo que podría ser un factor clave en la adopción masiva de la solución.

#### 5. Metas y resultados:

- **Metas:** Implementar un prototipo de red neuronal que satisfaga el alcance establecido
- **Resultados:** La red pueda discernir entre residuos organicos e inorganicos

#### 6. Marco Referencial

Hasta la fecha, los avances tecnológicos en inteligencia artificial (IA) aplicados a la clasificación de residuos sólidos han logrado mejoras significativas en eficiencia, sostenibilidad y precisión un desarrollo destacados que se logró encontrar en la investigación es el siguiente:

**Sistemas de clasificación automatizados con IA:** Herramientas como el Greyparrot Analyzer (país: Alemania) utilizan cámaras y algoritmos de visión artificial para monitorear y clasificar residuos en tiempo real en plantas de reciclaje. Esto permite identificar la composición de los materiales y mejorar la pureza de los flujos reciclados, optimizando el rendimiento de los procesos industriales con una precisión superior al 97%. ([Greyparrot Analyzer: revolucionando el reciclaje](#)).

En Colombia, se han realizado algunos avances significativos en la clasificación de residuos orgánicos utilizando inteligencia artificial. Un proyecto destacado fue desarrollado en la finca Carrizalito del municipio de Sopó, Cundinamarca. Este estudio implementó un modelo basado en redes neuronales convolucionales (CNN) para clasificar residuos orgánicos en dos categorías: reutilizables y compostables. Utilizando imágenes recopiladas de bases de datos y capturadas en campo, el modelo fue entrenado con TensorFlow y Keras, alcanzando resultados prometedores para la gestión de residuos orgánicos. (<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/60395>)

## **7. Marco Legal**

### **7.1. Ley General de Residuos Sólidos**

**Ley 1259 de 2008:** Establece normas para la gestión integral de residuos sólidos, promoviendo prácticas que minimicen su impacto ambiental. Las iniciativas que utilicen inteligencia artificial (IA) para clasificar residuos deben alinearse con los objetivos de reducción, reciclaje y reutilización estipulados en esta ley.

### **7.2. Política Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos**

**Conpes 3874 de 2016:** Enfatiza el uso de tecnología e innovación para mejorar los procesos de gestión de residuos. Proyectos basados en IA, como la clasificación de residuos orgánicos, son coherentes con las metas de sostenibilidad planteadas en este proyecto.

### **7.3. Decreto 1076 de 2015**

Regula las actividades relacionadas con la gestión ambiental en Colombia, incluyendo la disposición y aprovechamiento de residuos orgánicos. Establece los lineamientos para proyectos que busquen minimizar los impactos ambientales negativos.

### **7.4. Protección de Datos y Ética en IA**

**Ley 1581 de 2012:** Define los principios de tratamiento de datos personales. Cualquier proyecto que involucre recopilación de datos visuales (imágenes de residuos) debe garantizar el cumplimiento de esta normativa, especialmente si incluye datos sensibles. Guía Ética para el Uso de la IA en Colombia (MinTIC): Proporciona recomendaciones para el uso ético de tecnologías de IA, asegurando transparencia y equidad en su implementación.

## 8. Marco Conceptual

**Gestión de Residuos Sólidos:** La gestión de residuos sólidos comprende el conjunto de actividades orientadas a la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos, con el objetivo de minimizar su impacto ambiental.

### **Redes Neuronales Convolucionales (CNN)**

Las CNN son una clase de redes neuronales artificiales diseñadas específicamente para analizar datos con una estructura de cuadrícula, como imágenes.

**Dataset:** Conjunto de datos estructurados (imágenes, etiquetas, etc.) utilizado para entrenar, validar y probar el modelo.

**Entrenamiento:** Proceso en el cual la red neuronal aprende ajustando los pesos a través de múltiples iteraciones basadas en datos de entrada y sus etiquetas.

**Epoch:** Una pasada completa del dataset de entrenamiento a través de la red neuronal.

**Batch Size:** Número de muestras procesadas por la red antes de actualizar los parámetros del modelo.

**Optimizer:** Algoritmo que ajusta los pesos de la red para minimizar el error (ejemplo: Adam, SGD).

**Learning Rate:** Parámetro que controla el tamaño de los ajustes realizados a los pesos en cada paso del optimizador.

**Función de Costo (Loss Function):** Métrica que mide la diferencia entre las predicciones de la red y los valores reales. Ejemplo: Categorical Crossentropy.

**Backpropagation:** Método de entrenamiento que calcula los gradientes del error y ajusta los pesos hacia la reducción de dicho error.

**Regularización:** Técnicas como Dropout o L2 Regularization que evitan el sobreajuste del modelo.

**Activación:** Función aplicada a las salidas de las neuronas para introducir no linealidad (ejemplo: ReLU, Sigmoid).

**Validación:** Proceso para evaluar el desempeño del modelo con datos no usados en el entrenamiento.

**Aumento de Datos:** Técnica que genera variantes de los datos originales para mejorar la generalización del modelo.

**Precisión (Accuracy):** Métrica que evalúa qué tan bien el modelo clasifica correctamente las imágenes.

**Overfitting:** Situación en la que el modelo aprende patrones específicos del dataset de entrenamiento, pero falla en generalizar a nuevos datos.

**Indicadores de Rendimiento:** El éxito del modelo se mide utilizando métricas como:

- **Precisión:** Porcentaje de clasificaciones correctas.
- **Recall (Exhaustividad):** Capacidad del modelo para identificar correctamente residuos relevantes.
- **Precisión (Accuracy) :** Métrica que evalúa qué tan bien el modelo clasifica correctamente las imágenes
- **Matriz de Confusión:** Para evaluar los errores de clasificación entre categorías.