

**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA SEPARACIÓN Y
CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS A TRAVÉS DE UNA NEURONA
ARTIFICIAL EN LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA SEDE SAHAGÚN**



**DILSON EDUARDO CONTRERAS MARTINEZ
MICHAEL JOSEPHE GUEVARA JARABA**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS
SAHAGÚN, CÓRDOBA
2021**

**GRADO SISTEMA AUTOMATIZADO PARA SEPARACIÓN Y
CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS A TRAVÉS DE UNA NEURONA
ARTIFICIAL EN LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA SEDE SAHAGÚN**



DILSON EDUARDO CONTRERAS MARTINEZ

MICHAEL JOSEPHE GUEVARA JARABA

**Trabajo de grado presentado, en la modalidad de proyecto de
Investigación y/o Extensión, como parte de los requisitos para optar al
Título de Ingeniero de Sistemas**

Director (es):

PEDRO RAFAEL GUEVARA SALGADO, M.Sc

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERIA DE SISTEMAS

SAHAGÚN, CÓRDOBA

2021

La responsabilidad ética, legal y científica, de las ideas, conceptos, y resultados del proyecto de investigación, serán responsabilidad de los autores.

Artículo 59, Acuerdo N° 022 del 21 de febrero de 2018 del Consejo Superior.

Tener en cuenta los Artículos y directrices establecidos la Resolución 1775, del 21 de agosto de 2019. En donde se establecen las directrices y las políticas de funcionamiento del repositorio institucional de la Universidad de Córdoba (Artículos tercero, octavo, once, entre otros).

“11 – BUENA FE: La universidad considera que la producción intelectual que, los profesores, funcionarios administrativos y estudiantes le presenten, es realizada por éstos, y que no han transgredido los derechos de otras personas. En consecuencia, la aceptará, protegerá, publicará y explotará, según corresponda y lo considere pertinente”. Artículo 1, Acuerdo N° 045 del 25 de mayo de 2018 del Consejo Superior.

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Dedicatoria

Agradezco a Dios, por darme la vida con un propósito, por brindarme su protección a cada segundo, por llenarme de esfuerzo y valentía, y por ayudarme a cumplir esta gran meta.

A mi madre Alicia Jaraba, quien ha sido pilar fundamental y apoyo constante en mi formación académica; a ella que ha velado por mí y me ha llevado por el camino del bien; le doy mi trabajo en homenaje por su sacrificio, entrega y amor eterno.

A mi tía Hilda Guevara (Q.E.P.D.) por ser mi inspiradora y por siempre estar para mí como mi madre. Confío llegar a ser ese gran hombre por el cual tanto lucho y anhelaba ver en mí.

A mis hermanos (Eduardo, Yina, Yanis, Jennifer y Jhon), por su compañía, confianza y respaldo y ser ejemplo de perseverancia y tesón.

A mi familia y amigos que siempre han estado prestos en motivarme en la realización de este proyecto.

Michael Guevara

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo de grado a mis padres Nelson Contreras y Olga Martínez porque ellos han dado razón a vida, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que soy es gracias a ellos.

Dilson Contreras

Agradecimientos especiales a:

A los ingenieros Pedro Guevara y Harold Bula, profesores por varios semestres en nuestro paso por la Universidad de Córdoba. De manera muy especial agradecemos todos los conocimientos impartidos en cada una de sus clases y por el aporte en el último tramo de nuestra carrera. Por todos los criterios, consejos y el tiempo dedicado en la culminación de este proyecto.

Nuestra gratitud y respeto hacia ustedes.

Agradecimientos:

Primero que todo agradecer a Dios, por ser el primer motor de nuestras vidas.

A nuestros padres y demás familiares por todo el apoyo incondicional en los momentos de mayor dificultad.

A todos los docentes que hicieron parte de este proceso de aprendizaje, por la paciencia y todo el tiempo depositado en nuestra preparación profesional.

Y a todas aquellas personas que fueron fugaz en este camino, mil gracias.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
1. INTRODUCCIÓN	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. Objetivo General	17
2.2. Objetivos Específicos	17
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	18
3.1. Planteamiento del problema	18
3.1.1. Definición del problema	18
3.1.2. Formulación del problema	19
3.2. Justificación	20
3.3. Marco teórico	22
3.3.1. Contaminación ambiental	22
3.3.2. Tipos de contaminación	23
3.3.3. Clasificación y separación de residuos	24
3.3.4. Inteligencia artificial	26
3.3.5. Reconocimiento de objetos por medio de imágenes	27
3.4. Marco conceptual	30
4. ESTADO DEL ARTE	32
4.1. Antecedentes investigativos	32

5. MATERIALES Y MÉTODOS	35
5.1. Diseño metodológico	35
5.1.1. Tipo de investigación	35
5.1.2. Población y muestra	35
5.2. Etapas o fases del diseño	36
5.2.1. Fase I. Creación del prototipo	36
5.2.2. Fase II. Diseño y desarrollo del sistema de detección de residuos	37
5.2.3. Fase III. Pruebas de verificación de la funcionalidad	45
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES	48
7. CONCLUSIONES	51
8. RECOMENDACIONES	53
9. BIBLIOGRAFÍA	54

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos funcionales del sistema.....	37
Tabla 2. Requerimientos no funcionales del sistema.....	38
Tabla 3. Descripción de actores	38
Tabla 4. Caso de uso de la aplicación web de entrenamiento.....	40
Tabla 5. Caso de uso de la aplicación web final	41
Tabla 6. Clasificación de residuos	50

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de residuos.....	25
Figura 2. La visualización en árbol.....	27
Figura 3. Representación de una neurona artificial tipo McCulloch-Pitts.....	30
Figura 4. Diagrama de componentes	39
Figura 5. Caso de uso: Entrenamiento de la neurona	40
Figura 6. Caso de uso: Aplicación web final	41
Figura 7. Aplicación web de entrenamiento	42
Figura 8. Entrenamiento de la neurona.....	43
Figura 9. Aplicación web final	44
Figura 10. Esquema electrónico del sistema.....	46
Figura 11. Arquitectura del funcionamiento del sistema.....	48

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estructura de madera.....	36
Ilustración 2. Diseño del prototipo	36
Ilustración 3. Prototipo de punto ecológico.....	37
Ilustración 4. Montaje del sistema operativo.....	45
Ilustración 5. Montaje de la Raspberry pi	46
Ilustración 6. Montaje del arduino y rele	47
Ilustración 7. Circuito Protoboard	47
Ilustración 8. Montaje del prototipo	47
Ilustración 9. Detección de papel	49
Ilustración 10. Detección de plástico	49
Ilustración 11. Detección de residuos orgánico.....	50

RESUMEN

Este trabajo tuvo como propósito, la creación de un Punto Ecológico para separar y clasificar los residuos que desechan los estudiantes de la Universidad de Córdoba en el municipio de Sahagún; igualmente busca fomentar una cultura ambiental entre los estudiantes.

El proyecto se desarrolló utilizando la librería ML5.JS; la cual proporciona modelos y algoritmos de aprendizaje; que permiten crear sistemas inteligentes de aprendizaje máquina para reconocer objetos (Shiffman, 2019). Se desarrolló un sistema de reconocimiento de objetos, a través del algoritmo K-Nearest Neighbor para separar y clasificar los residuos.

En la construcción del Punto Ecológico, se utilizaron diferentes dispositivos electrónicos como: Raspberry pi, servomotores, placa Arduino, cámara web, pantalla LCD, ente otros. Finalmente se logró la interacción de todos estos dispositivos para que el sistema de reconocimiento pudiera clasificar residuos como plástico, bolsas de mecatos, papel y cartón.

Palabras clave: ML5.JS, Raspberry pi, LCD, K-Nearest Neighbor.

ABSTRACT

The purpose of this work was to create an Ecological Spot to separate and classify the waste discarded by the students of the University of Córdoba in the municipality of Sahagún; It also seeks to promote an environmental culture among students.

The project was developed using the ML5.JS library; which provides models and learning algorithms; that allow the creation of intelligent machine learning systems to recognize objects (Shiffman, 2019). An object recognition system was developed through the K-Nearest Neighbor algorithm to separate and classify the waste.

In the construction of the Ecological Spot, different electronic devices were used such as: Raspberry pi, servo motors, Arduino board, web camera, LCD screen, among others. Finally, the interaction of all these devices was achieved so that the recognition system could classify waste such as plastic, chip bags, paper and paperboard/cardboard.

Keywords: ML5.JS, Raspberry pi, LCD, K-Nearest Neighbor.

1. INTRODUCCIÓN

Colombia y el mundo, han estado sumergidos en la nueva ola de las tecnologías, la cual avanza cada día, todas las personas que trabajan con algún tipo de tecnología reconocen que día tras día todo evoluciona. Las universidades en Colombia, son agentes que promueven la tecnología y sus avances, la Universidad de Córdoba no es la excepción y ha venido promoviendo proyectos que ayudan a resolver problemáticas en la región. En la sede Sahagún también se han implementado proyectos que ponen en práctica conocimientos adquiridos asentados en la investigación aplicada, que reúne estos conceptos y promueve la pericia de saberes para resolver problemáticas muy comunes en la sociedad a través de la implementación de nuevas tecnologías.

Tener en cuenta que la conservación del ambiente es un problema de todos, es algo que cada persona debe saber; al implementar tecnologías, usar un aparato electrónico y manipular cualquier residuo, estamos exponiendo al ambiente; entonces, se debe ser responsable a la hora de trabajar estas dos áreas, el ambiente y la tecnología.

En este proyecto se detalla todo lo necesario para construir un punto ecológico que ayude a las personas a saber depositar la basura o los residuos en la caneca indicada a la hora de desecharlos; que tengan claro los colores que están destinados a cada tipo de residuo, los cuales están normativamente distribuidos, de tal manera que los residuos queden clasificados de manera correcta y sea más eficiente su reciclaje.

El proyecto tiene como propósito la construcción de un Punto Ecológico para que los estudiantes de la sede Sahagún tengan un sistema que les ayude a clasificar correctamente los residuos que van a desechar.

Se realizó una investigación que permitió desarrollar un sistema automatizado, el cual utiliza una neurona artificial que permite separar y clasificar correctamente los residuos en el Punto Ecológico. El estudiante podrá depositar correctamente los desechos o residuos, como está reglamentado en las normas de Colombia.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Diseñar un prototipo que facilite a los estudiantes separar y clasificar los residuos que desechan a diario en la Universidad de Córdoba – Sede Sahagún.

2.2. Objetivos Específicos

- 1.** Crear un prototipo que facilite a los estudiantes poder separar y clasificar los residuos que desechan a diario en la Universidad de Córdoba – Sede Sahagún.
- 2.** Diseñar y desarrollar un sistema de detección de residuos, a través de una neurona artificial utilizando la librería de ml5.js para el entrenamiento, procesamiento y reconocimiento de objetos.
- 3.** Realizar pruebas para verificar la funcionalidad del sistema de detección de residuos en el Punto Ecológico.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Planteamiento del problema

3.1.1. Definición del problema

En la actualidad escuchar el termino problemática ambiental es muy cotidiano, puesto que se debe prácticamente a la afectación de los elementos de la naturaleza: el agua, el suelo, el clima, etc; es decir, cualquier alteración que provoca desequilibrio en un ambiente, afectándolo negativamente debido al consumo excesivo de productos de aseo, alimentos, dispositivos electrónicos y todo lo que tenga que ver con elementos de uso personal; producto de esto ¿a dónde van a tener estos residuos? generalmente al suelo u océanos, contaminando el espacio en el cual habitamos.

La cantidad de residuos reciclables en la UE alcanzó un máximo histórico en 2019. En los últimos años, la cantidad de residuos reciclables incluido el reciclaje de materiales y el compostaje ha aumentado de 37 millones de toneladas (87 kg por persona) en 1995 a 107 millones de toneladas (239 Kg por persona 2019) (Profesional, 2021).

“En Colombia se generan cerca de 12 millones de toneladas de basura al año, de las cuales se recicla en promedio un 17%. Solo en Bogotá se producen 6.300 toneladas de basura al día y solo se reaprovechan entre el 14% y 15%” (Semana, 2020).

Hoy en nuestra sociedad colombiana se ve la necesidad de una educación ambiental que persista en los conocimientos, actitudes, comportamientos y

hábitos frente al ambiente, orientados a conseguir que la humanidad cambie su clásica concepción de que la naturaleza es un elemento pasivo y complaciente; en un orden de ideas el reciclaje es esencial, porque permite reducir desechos, evitar el uso de más materias primas y contribuye a reducir el efecto en el entorno natural. Según el Artículo 79 de la Constitución Política de Colombia de 1991, todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano; en este sentido el entorno del campus de la Universidad de Córdoba Sede Sahagún no cumple con las condiciones óptimas; los estudiantes no cuentan con puntos ecológicos automatizados, y no se han creado protocolos para el manejo de los residuos y no se ha sensibilizado a la comunidad universitaria a la actividad del reciclaje.

En este caso la implementación de este proyecto busca diseñar y desarrollar un sistema automatizado que le facilite a los estudiantes de la Universidad de Córdoba Sede Sahagún poder desechar sus residuos y su posterior separación a través de un prototipo o punto ecológico, el cual actúe bajo un sistema de reconociendo de objetos, mediante la poca sensibilización de la comunidad universitaria, surge el siguiente interrogante.

3.1.2. Formulación del problema

¿Qué beneficios a nivel ambiental traería el diseño y desarrollo de un sistema automatizado para separación y clasificación de residuos (punto ecológico) a través de una neurona artificial en la Universidad de Córdoba Sede Sahagún?

3.2. Justificación

Existen diferentes iniciativas que permiten mitigar un poco la problemática ambiental en la cual nos encontramos hoy en día, una de ellas es la separación de residuos, que es de las técnicas más simples y útiles que cualquier persona puede llevar a cabo para ayudar a mitigar la presencia de residuos en el medio ambiente.

La separación en origen consiste en el descarte diferenciado de todos aquellos residuos que pueden ser reciclados. Estos residuos son recolectados para su posterior utilización, reduciendo la cantidad de desechos que se deriva a los rellenos sanitarios, creando nuevas fuentes de trabajo y volviendo al sistema de producción para ser utilizados como materia prima.

La tecnología ha jugado un papel importante en el cuidado del medio ambiente, puesto que está ha facilitado en gran medida la participación directa de las personas en la automatización de sistemas; claro ejemplo de ello lo podemos ver en como la ciencia y la ingeniería vienen trabajando en implementar nuevas tecnologías, tales como la inteligencia artificial; entre ese tipo de tecnologías encontramos tradicionalmente el reconocimiento automático de imágenes, basada en algoritmos determinados. No obstante, ya desde hace bastante tiempo, la disciplina tuvo un gran salto cualitativo cuando apareció el "Deep Learning" el cual empezó a volverse algo del día a día. Todas las grandes empresas comenzaron a invertir en esta tecnología de Inteligencia Artificial (AI) que es capaz de obtener resultados sorprendentes.

Sin embargo, en la actualidad existen muchas herramientas de reconocimiento de imágenes mediante en código abierto y de bibliotecas para el manejo de operaciones matemáticas aceleradas por GPU y gestión de memoria, basados en una serie de algoritmos establecidos en el aprendizaje automatizado, fáciles de

aplicar; una de las tecnologías que adopta lo anterior es el M15.js que es un aprendizaje automático amigable para web que proporciona acceso inmediato en el navegador a modelos pre-entrenados para detectar poses humanas, generar texto, diseñar una imagen con otra, componer música, detección de tono y relaciones comunes de palabras en inglés, y mucho más.

Por tanto, este proyecto a través del uso de la tecnología mencionada anteriormente, busca generar un impacto positivo en la comunidad estudiantil de la Universidad de Córdoba Sede Sahagún, mostrando como el avance tecnológico puede ir de la mano con el cuidado del medio ambiente, específicamente en lo relacionado con la separación de residuos para su posterior reciclaje.

3.3. Marco teórico

3.3.1. Contaminación ambiental

“La contaminación es definida como la acción o conjunto de acciones que incluyen la introducción de elementos o sustancias en un ambiente o entorno no adecuado” (Fernández, 2018), es decir, que esta se relaciona con comportamientos sociales negativos que acarrear consecuencias directas o indirectas en el medio ambiente.

Se puede hablar de zonas contaminadas, ambientes contaminados o incluso seres vivos contaminados por sustancias nocivas o contaminantes. Además, las sustancias u objetos contaminantes pueden ser objetos físicos como botellas de plástico, sustancias químicas como vertidos de fábricas o elementos como el calor, la luz, sonidos, radioactividad, bajas temperaturas, etc.

Es de mencionar que los efectos que se describieron anteriormente es un problema creciente que afecta negativamente la salud y tiene un alto costo social y económico, lo que exige una vigilancia articulada de las condiciones y los riesgos ambientales de la exposición y sus efectos en la salud, con el fin de orientar la adopción de decisiones (Huerta, 2015).

“La contaminación además de afectar el ambiente y muchos otros sistemas, también llega hasta la economía, pues se estima que la población colombiana pierde anualmente 33 años de vida saludable a causa de factores ambientales, lo que significa un costo de casi 10 billones de pesos al año, cuya mayor porción corresponde a la contaminación del aire en exteriores e interiores, y a las condiciones del agua, de saneamiento y de higiene, según el reporte hecho por el economista ambiental consultor” (Larsen, 2004) en el reporte que hizo para el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Urbanización República de Colombia.

3.3.2. Tipos de contaminación

La contaminación va mucho más allá que una basura o un aire no purificado, tiene sus tipos y esos tipos se describen en el artículo de (Fernández, 2018) quien tipifica la contaminación de la siguiente manera:

- **Contaminación acústica:** La contaminación acústica está provocada por el exceso de ruidos o exceso del volumen (decibelios) generados habitualmente por la actividad humana, las obras, construcciones o máquinas industriales, suelen ser los principales causantes de la contaminación acústica.
- **Contaminación del aire o contaminación atmosférica:** La contaminación del aire o contaminación atmosférica se produce tras la emisión de sustancias y gases nocivos a la atmósfera que modifican esta capa protectora, provocando alteraciones para la vida de los seres humanos, de los animales o de las plantas que cohabitan en el planeta Tierra.
- **Contaminación del agua o hídrica:** La contaminación hídrica es la contaminación del agua y se lleva a cabo cuando los residuos se vierten a los océanos, mares, acuíferos, ríos o cualquier otra forma de recurso hídrico. Se suelen verter toneladas de residuos industriales en el mar, así como plásticos, vidrios, envases o sustancias que provocan dificultades en el ecosistema acuático y rompen el equilibrio natural.
- **Contaminación de la tierra o el suelo:** La contaminación del suelo se produce cuando se vierten sustancias químicas en la tierra. Estos compuestos son muy peligrosos ya que afectan directamente a los cultivos fértiles provocando auténticos desastres en agricultura, generando a su vez una escasez de plantas, animales y, por ende, menos diversidad natural.
- **Contaminación por basura y residuos:** Se define como la acumulación de residuos sólidos en los distintos ecosistemas de la Tierra, siendo los terrestres y los acuáticos los principales afectados, por la imposibilidad

de tratar todos estos desechos, que terminan siendo abocados en el suelo o en los hábitats acuáticos.

3.3.3. Clasificación y separación de residuos

Dentro de los tipos de contaminación se encuentra la contaminación por basura y residuos, la cual tiene su propia clasificación, se pueden ver canecas y bolsas de diferentes colores, muchas veces también se puede notar que las basuras y los desechos están clasificados.

Los residuos son clasificados en Peligrosos y No Peligrosos. Entonces, se puede decir que, Residuos peligrosos son aquellos desechos que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas pueden causar riesgo o daño a la salud humana y al ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ello. Para hacer referencia a este tipo de residuos comúnmente se utiliza el acrónimo RESPEL. Un residuo es peligroso si presenta al menos una de las siguientes características (CRETIBER), bajo las condiciones señaladas en el Anexo III, del Decreto 4741 de 2005.

Los residuos peligrosos deben estar correctamente etiquetados, identificando claramente su contenido y acompañados de un pictograma que indica su característica de peligrosidad, es decir, si se trata de un residuo corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable o de riesgo biológico, tal como lo establece la Norma Técnica Colombiana NTC 1692 (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia, 2007).

Teniendo en cuenta los sistemas de señalización homologados en el País encontramos los siguientes residuos:

- **No peligrosos:** Son aquellos producidos por el generador en cualquier lugar y en desarrollo de su actividad, que no presentan riesgo para la salud humana o para el medio ambiente, Decreto 4741 de 2005.
- **Reciclables:** Son aquellos que no se descomponen fácilmente y pueden volver a ser utilizados en procesos productivos como materia prima.

- **Ordinarios o comunes:** Son aquellos generados en el desempeño normal de las actividades. Estos residuos se generan en oficinas, pasillos, áreas comunes, cafeterías, salas de espera, auditorios y en general en todos los sitios del establecimiento del generador.
- **Inertes:** Son aquellos que no permiten su descomposición, ni su transformación en materia prima, y su degradación natural requiere grandes períodos de tiempo. Entre estos se encuentran: el icopor, algunos tipos de papel como el papel carbón y algunos plásticos.

En Colombia existe la Guía de Planeación Estratégica para el Manejo de Residuos Sólidos de 2017 (MinVivienda, 2017) la cual explica y separa los residuos como se muestra en la figura 1.

Para la separación en la fuente se deben clasificar los residuos sólidos desde donde se generan, esto con el objetivo de darles el debido manejo y poderlos clasificar con un código de colores sugeridos por la NTC 5167:

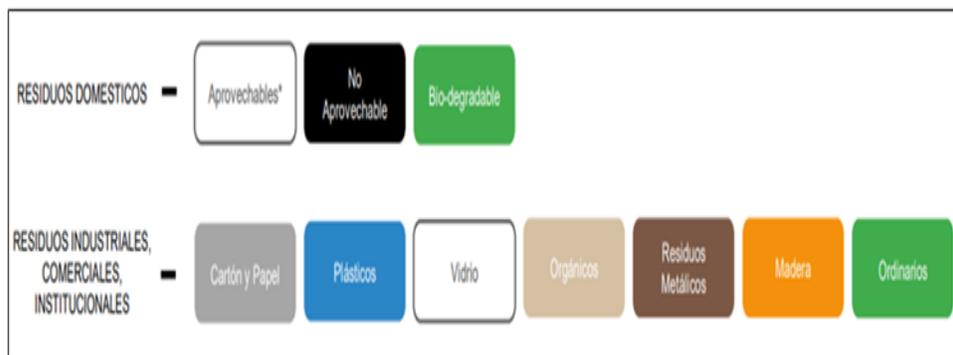


Figura 1. Clasificación de residuos

Tomado de: (Guía de planeación estratégica para el Manejo de Residuos Sólidos del gobierno de Colombia, 2017).

La clasificación de los residuos por los generadores depende de la solución global de manejo: si se desea producir compost, es necesario recolectar la parte orgánica separada, si se quiere aprovechar, hay que recolectar los materiales aprovechables aparte y así los residuos pueden presentarse en contenedores o en bolsas, según el diseño operacional que se propone.

3.3.4. Inteligencia artificial

La inteligencia artificial, en inglés artificial intelligence, de allí sus siglas (IA), es un concepto un poco futurista, y de hecho es una realidad, se puede describir como el modo de simular las capacidades de inteligencia del cerebro humano (Leonardo Javier Ibañez, 2013).

“Una comparación entre lo que precisa Microsoft y lo de dice la real academia española con respecto a la definición de inteligencia artificial y precisa que en la época de los 50 ya se conocía; pero, ha sido durante los últimos años cuando se ha dado su verdadero desarrollo y ha comenzado a usarse en la vida cotidiana” (Branco, 2018).

Microsoft explica que la computación en la nube, la enorme cantidad de datos y los avances en Machine Learning han sido los pilares para que la IA avanzase hasta el punto en el que se encuentra actualmente. La IA es para Microsoft, en pocas palabras, cuando las máquinas o sistemas informáticos se comportan de una manera similar a la inteligencia humana. Según la RAE, la IA es la disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico; llegando a la conclusión que ambas acepciones se basan en la misma idea: máquinas que actúan como lo haría la mente de un ser humano.

Aun no existe una definición estándar sobre este término. Sin embargo, se encuentran definiciones tradicionales que hacen referencia a la capacidad de programas de computador para operar en la misma forma en que el pensamiento humano ejecuta sus procesos de aprendizaje y reconocimiento (Sierra, 2007). Esta definición se fundamenta en la comparación de la inteligencia de las máquinas de computador con la inteligencia humana. Otra definición de Inteligencia Artificial se centra en la simulación de la inteligencia humana en una máquina, de esta forma la máquina estará en condiciones de identificar y usar la pieza de conocimiento que se necesita en la resolución de un problema.

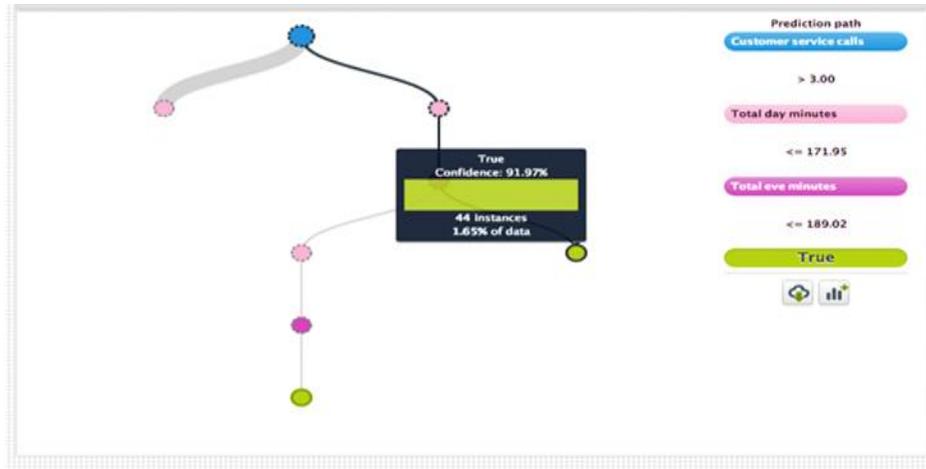


Figura 2. La visualización en árbol

Tomado de Qué es machine Learning. (González, 2017).

3.3.5. Reconocimiento de objetos por medio de imágenes

Reconocer objetos es un tanto más complicado para una computadora o para un sistema, sin embargo, hay algunos métodos que pueden ayudar a este a lograr el objetivo y uno de ellos es el reconocer objetos por medio de imágenes.

“El reconocimiento es conseguido mediante la búsqueda de correspondencias entre ciertas características de la imagen y las características comparables del modelo escogido”, expresa (Escalona, 2017), quien también ordena este reconocimiento bajo la siguiente secuencia:

- **Detección de primitivas:** Localizar primitivas en una imagen y representarlas como símbolos.
- **Organización perceptual:** Identificar agrupaciones estables de primitivas.
- **Indexación:** Usar las primitivas para seleccionar los modelos más similares de la base de datos de modelos conocidos.
- **Emparejamiento:** Encontrar la mejor correspondencia entre las primitivas de la imagen y las de los modelos seleccionados.
- **Verificación:** Decidir si el emparejamiento sugiere que el modelo seleccionado está presente en la imagen.

Para reconocer cualquier cantidad de objetos presentes en una imagen, cada vez que un objeto es reconocido sus primitivas son eliminadas de la imagen y son enviadas al siguiente ciclo de reconocimiento con los primitivos restantes. Por tanto, el proceso completo es una gran búsqueda a lo largo de cada una de las etapas, lo que lo convierte en un proceso muy costoso computacionalmente (Pope, 1994).

“La solución a este problema fue propuesta en la década de los 70 y con ella se abrió una nueva rama del aprendizaje automático: el Deep Learning” (Werbos, 1994).

Estas redes aprenden a mapear una entrada de tamaño fijo, como una matriz o un vector que representa una imagen, hacia otra salida de tamaño fijo, que en el caso de reconocimiento de objetos suele ser un vector que contiene la probabilidad para cada una de las posibles categorías (LeCun, 2015).

En los últimos años, se ha reavivado el interés por el Deep Learning gracias a los nuevos descubrimientos realizados. Se ha demostrado que los mínimos locales no suponen un problema real para estas redes neuronales profundas, realizando demostraciones prácticas en trabajos de reconocimiento de dígitos manuscritos, mejorando enormemente los resultados de las técnicas tradicionales (Ciresan, 2010). Además, gracias a los avances en computación paralela, las unidades gráficas de procesamiento (GPU) han permitido acelerar enormemente el entrenamiento de estas enormes redes, que hasta ese momento resultaba inasumible computacionalmente. Estos nuevos avances llevaron al descubrimiento de un nuevo tipo de red neuronal muy importante en el procesamiento de imágenes: las Redes Neuronales Convolucionales (CNN). La arquitectura de esta red se compone por múltiples fases de capas de convolución y pooling, utilizando los filtros no lineales ReLU (Unidad lineal rectificadora) como función de activación, acabando en una fase de capas convolucionales y fully-connected que acaban generando el resultado final. La idea detrás del apilamiento de capas consiste en el entendimiento de que muchas señales naturales están compuestas jerárquicamente, de manera que las características de

alto nivel son obtenidas mediante composición de las de menor nivel (Hinton, 2012). Es esencia, se ha conseguido automatizar el proceso de selección de las características más relevantes para cada problema, permitiendo que estas redes profundas se encarguen de todo el proceso de reconocimiento.

Los casos de uso son las actividades, o de qué manera, en que área o en donde se puede utilizar el término y la práctica del reconocimiento de imágenes o de objetos y como puede ayudar esto en una entidad, que beneficios y definitivamente en que caso se usaría.

Según (Zaforas, 2018) los casos de uso son muchos y en diversas industrias y sectores, algunos ejemplos interesantes serían los siguientes:

- **Verificación de usuarios basada en rostro:** seguridad, autenticación, perfilado/segmentación de clientes, identificación en tiendas físicas.
- **Análisis de opinión:** detección del sentimiento o la experiencia de compra en tiendas físicas.
- **Diagnóstico de enfermedades:** diagnóstico por imagen en base a comparación con diagnósticos previos. Retinopatías, diabetes, imagen médica.
- **Realidad aumentada:** gaming, catálogo virtual, interacción avanzada con el mundo
- **Detección de matrículas:** seguridad, segmentación, identificación. reconocimiento completo.

3.4. Marco conceptual

Neurona artificial: Una neurona artificial es un procesador elemental, en el sentido de que procesa un vector x (x_1, x_2, \dots, x_n) de entradas y produce un respuesta o salida única. Los elementos clave de una neurona artificial los podemos ver en la figura anterior y son los siguientes:

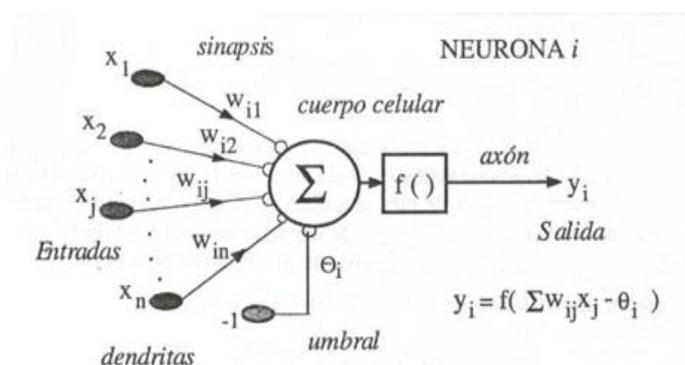


Figura 3. Representación de una neurona artificial tipo McCulloch-Pitts

Tomado de: Herramientas en GNU/Linux para estudiantes universitarios (s.f).

Servidor web: Es un software con la función de almacenar información web, y proveerlo a los computadores usuarios. Es decir, este software te permite revisar cualquier sitio web.

Código abierto: El Código abierto, también llamado Open source, se refiere a al código de un programa que se distribuye libremente (incluso de manera gratuita) y que puede ser usado y modificado por los usuarios sin ninguna restricción.

Hardware: Son todas las partes físicas que conforman el computador, este conjunto de dispositivos electrónicos funciona como dispositivos de entrada, salida, almacenamiento y procesamiento de datos.

Software: “El software está compuesto por un conjunto de programas que son diseñados para cumplir una determinada función dentro de un sistema, ya sean estos realizados por parte de los usuarios. Esto quiere decir entonces que no solo los programas son y forman un software, sino que la información del usuario y los datos procesados integran el software, ya que forman parte de él todo componente intangible y no físico” (Raffino, 2013).

Ambiente: Es el conjunto de factores externos (atmosféricos, climáticos, hidrológicos, geológicos y biológicos) que actúan sobre un organismo, una población o una comunidad. Dichos factores inciden directamente sobre el crecimiento, desarrollo, reproducción y supervivencia de los seres vivos, por lo cual afectan la estructura y dinámica de las poblaciones y de las comunidades bióticas.

4. ESTADO DEL ARTE

4.1. Antecedentes investigativos

Raspberry pi como plataforma de algoritmos de Machine Learning: Reconocimiento de imágenes y datos financieros en streaming. En este trabajo se ve el lado teórico de lo que es el Machine Learning y a su vez ejemplos de los aprendizajes que existen junto a una introducción teórica de las redes (Rodríguez González, 2018).

El objetivo de este trabajo de grado es evaluar la implementación de modelos predictivos basados en redes neuronales y técnicas de Machine Learning en dispositivos con capacidad de cómputo relativamente baja para modelos de esta índole. Es por ello que en nuestro estudio el dispositivo seleccionado ha sido la Raspberry pi 3 y las dos aplicaciones que se verán son la clasificación de objetos mediante técnica de reconocimiento de imágenes y la predicción de valores futuros de datos financieros en procesos de datos en streaming. Se ha optado por introducir bases teóricas afines a las aplicaciones empleadas para favorecer la lectura dinámica del documento y para la correcta asimilación de conceptos.

Este trabajo se relaciona con el proyecto en curso, puesto que en el Software y el hardware empleado hace énfasis en las librerías más básicas para realizar modelos predictivos como TensorFlow que es una librería de código abierto para el cálculo numérico de alto rendimiento. Se creó para diseñar, construir y entrenar modelos de Deep Learning y para el análisis de datos y a su vez dispositivos empleados tales como Raspberry pi 3.

“Sistema basado en la detección y notificación de somnolencia para conductores de autos” que tiene como finalidad presentar un sistema que

permita el reconocimiento y notificación de gestos como bostezo, cabeceo y ojos cerrados naturalmente presentes en personas con somnolencia. Con un enfoque dirigido a aquellas que conducen autos, utilizando como hardware el dispositivo Kinect y una cámara web modificada para capturar imágenes en ausencia de luz, y como software Kinect SDK 1.8 y las librerías de visión artificial OpenCV y LuxandFace SDK, de igual forma el algoritmo de Viola & Jones que se encuentra implementado en OpenCV (Benavides y Medina, 2015).

El objetivo general de este proyecto de grado es desarrollar un sistema de alerta utilizando visión artificial para la detección de somnolencia en conductores y se relaciona con este proyecto porque permite en su hardware utilizaría una cámara que permitirá captar la imagen y su posterior reconocimiento y clasificación.

“Diseño de un prototipo para sistema de monitoreo del nivel de llenado en contenedores de basura por protocolo de comunicación inalámbrica IEEE 802.15.4 (ZIGBEE), el cual presenta el diseño inicial de un sistema capaz de monitorear el nivel de llenado en contenedores de basura, mediante comunicación inalámbrica de protocolo Zigbee, dentro de una ciudad, generando un prototipo que demuestre su funcionalidad. Además, se pretende introducir a Quito una propuesta de proyecto para iniciar con su transformación hacia una ciudad inteligente en el futuro.” (Moreno y Ronquillo, 2020).

El objetivo general de este proyecto es diseñar el prototipo para un sistema que detecte el nivel de llenado en tiempo real a contenedores de basura mediante sensores y comunicación inalámbrica por protocolo ZIGBEE para la optimización de procesos en los sistemas de gestión de residuos en ciudades inteligentes.

“Diseño e implementación de un prototipo de caneca inteligente para la recolección de heces caninas suncan, que surge como alternativa de solución al problema generado por la contaminación de heces caninas; es

importante realizar esta investigación con el fin de generar conciencia en los dueños de los perros; donde se pretende obtener una solución con la implementación de un producto innovador (caneca recolectora de heces caninas) generado en base a los conocimientos preexistentes, todo esto para que exista un ambiente sano y agradable en donde niños y adultos puedan jugar tranquilamente por medio de cultura ciudadana” (Correa et al., 2017).

El objetivo de este proyecto es implementar una caneca inteligente basada en la generación de un sistema de decodificación recolectora de heces caninas y cuya energía es suministrada por un panel solar buscando modernizar este hábito mediante una campaña educativa en la ciudad de Bogotá.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Diseño metodológico

5.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación de este proyecto es aplicada porque el contenido abordado tiene como objetivo estratégico la separación de residuos para contribuir a la problemática de la contaminación ambiental; este tipo de investigación aplicada de tipo tecnológico se realiza comúnmente en la rama de la ingeniería; puesto que sirve para generar conocimientos que se pueden poner en práctica en el sector ambiental, con el fin de impulsar un impacto positivo en el entorno natural.

5.1.2. Población y muestra

La población a la cual va dirigida el proyecto es a la comunidad estudiantil de la Universidad de Córdoba.

Para la muestra se cuenta con una población de aproximadamente de 17.123 estudiantes matriculados en las diferentes sedes de la Universidad de Córdoba, de los cuales se toman como muestra la Universidad de Córdoba Sede Sahagún que cuenta con una población cercana a los 750 estudiantes matriculados en las diferentes carreras inscritas en el campus universitario y con la participación de los estudiantes del centro de idiomas, la parte administrativa y del cuerpo de docentes que a diario se encuentran en dicha sede.

5.2. Etapas o fases del diseño

5.2.1. Fase I. Creación del prototipo

En esta primera fase se indagaron los diferentes tipos de puntos ecológicos que existen actualmente, el diseño de su estructura, los colores y la forma de abertura de sus tapas; esto con el fin de diseñar un mecanismo que facilite la construcción del prototipo de punto ecológico.

Después se crea el diseño del prototipo el cual funcionaria como soporte de las canecas de basura como se observa en la figura 4 y figura 5.

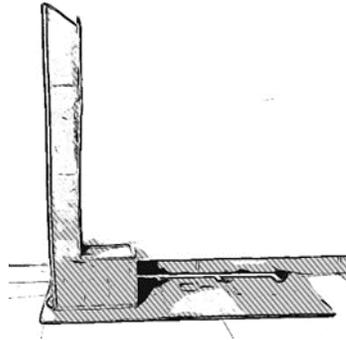


Ilustración 1. Estructura de madera

Tomado de: Propia autoría.

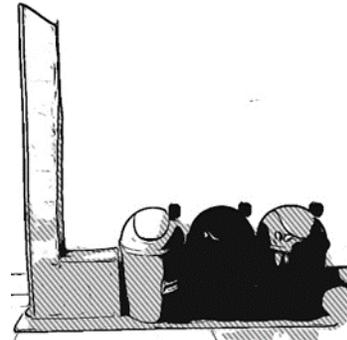


Ilustración 2. Diseño del prototipo

Tomado de: Propia autoría.

Dimensiones de la estructura:

Alto: 100 cm.

Ancho: 100 cm.

Posterior a eso se construye la estructura de madera como se puede observar en la Ilustración 3.

Para los contenedores de basuras se optó por comprar tres papeleras tipo vaivén 10 Litros para montarlo en la estructura de manera.



Ilustración 3. Prototipo de punto ecológico

Tomado de: Propia autoría.

5.2.2. Fase II. Diseño y desarrollo del sistema de detección de residuos

En esta fase se diseñó y desarrolló el sistema de detección de objetos, determinando cuáles eran los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema en primera instancia.

Tabla 1. Requerimientos funcionales del sistema

Requerimiento	Descripción del requerimiento	Prioridad
RF 01	El sistema debe contar con una aplicación web que permita visualizar el punto exacto donde colocar el residuo para que sea detectado por la cámara.	Alta
RF 02	La aplicación web debe notificar el color de la caneca donde se va a depositar el residuo.	Media

Tabla 2. Requerimientos no funcionales del sistema

Requerimiento	Descripción del requerimiento	Prioridad
RNF 01	La aplicación web debe tener una interfaz sencilla y agradable.	Media
RNF 02	El sistema debe estar conectado todo el tiempo a Internet	Alta

Tabla 3. Descripción de actores

Actor	Participante	Descripción
ACT 01	Administrador.	Es el encargado de entrenar la neurona.
ACT 02	Usuario Final.	Son los Estudiantes, Docente y Particular que ingresan al campus universitario y quieren desechar un residuo en el punto ecológico.

Se creó el diagrama de componentes, que muestra los elementos que contienen el sistema y la relación entre ellos.

La arquitectura está integrada por diferentes componentes de software y hardware, como se ilustra en la Figura 4, la cual se puede apreciar:

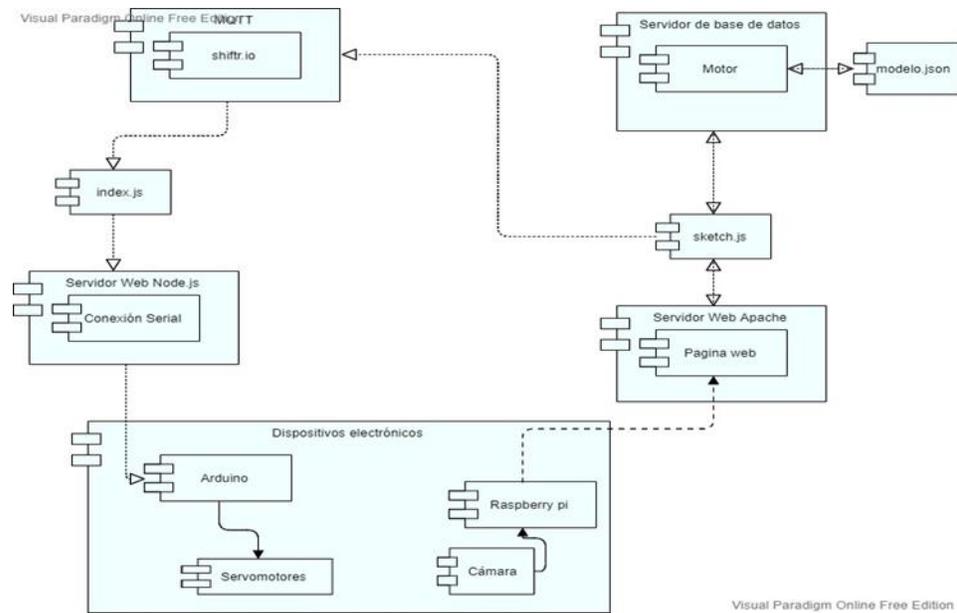


Figura 4. Diagrama de componentes

Tomado de: Propia autoría.

Teniendo el diagrama de componentes procedemos a desarrollar la aplicación web (cabe resaltar que se desarrollarían dos aplicaciones web) que serían las siguientes:

- **Aplicación web de entrenamiento:** que es la que usaremos para entrenar la neurona.
- **Aplicación web final:** que sería la aplicación web de entrenamiento, pero modificada, en la cual se le eliminaría todas las funciones (botones), puesto que el Usuario final no interactuaría directamente con ella permitiendo así exclusivamente al usuario observar en la página web el video de lo que está captando la cámara esto con el fin de que él sepa el punto exacto donde colocar el residuo para que la cámara lo capte.

Por eso se procedió a realizar los casos de usos de las descripciones de las aplicaciones web requeridas, los cuales fueron creados por medio de la herramienta StarUML.

Tabla 4. Caso de uso de la aplicación web de entrenamiento

Nombre: Entrenamiento de la neurona		
Autor	Michael Guevara, Dilson Contreras.	
Actor	Administrador.	
Descripción	El sistema debe permitir a los actores tomar fotos de reconocimiento de imágenes.	
Precondición	Debe permitir poder cargar archivos Json posteriormente guardados.	
Secuencia normal	Pasos	Acción
	1	Los actores solicitan tomar una foto.
	2	La aplicación notifica porcentualmente la identificación del objeto.
Poscondición	El sistema debe dejar guardar los datos de las imágenes tomadas en un archivo Json.	

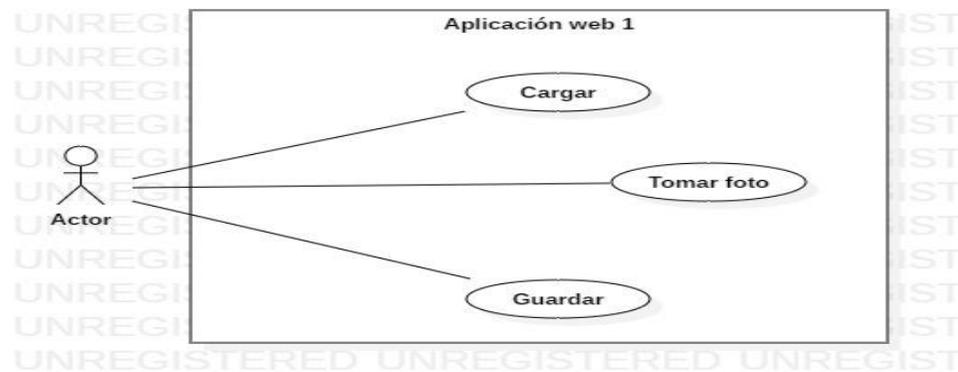


Figura 5. Caso de uso: Entrenamiento de la neurona

Tomado de: Propia autoría.

Tabla 5. Caso de uso de la aplicación web final

Nombre: Entrenamiento de la neurona		
Autor	Michael Guevara, Dilson Contreras.	
Actor	Usuarios finales.	
Descripción	El sistema debe permitir a los usuarios finales depositar los residuos.	
Precondición	Reconocer los residuos.	
Secuencia normal	Pasos	Acción
	1	Identificar
	2	Abrir
	3	Desechar
Poscondición	El sistema debe abrir la caneca del residuo a depositar.	

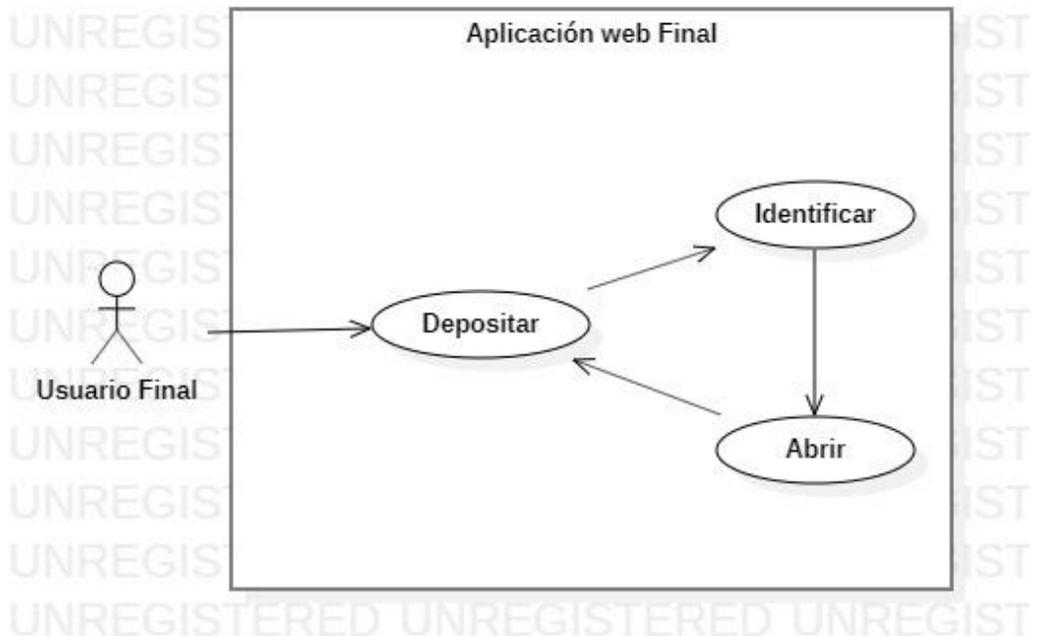


Figura 6. Caso de uso: Aplicación web final

Tomado de: Propia autoría.

De acuerdo con los requerimientos y el diagrama de caso de uso se desarrolló la aplicación web diseñada para el entrenamiento de la neurona.

Como primer paso se instaló el software XAMPP para hacer uso del servidor HTTP Apache que permitió configurar el servidor web.

Seguidamente se instaló el editor de código fuente Visual Studio Code donde se crearon los módulos que componen el sistema, haciendo uso de distintas tecnologías para el desarrollo web. En primera instancia, se crearon las vistas principales de la plataforma la cual tiene como funcionalidad visualizar el lugar exacto donde colocar el residuo para que sea detectado por la cámara.

Para crear dicha vista se hizo uso de las tecnologías HTML Y BOOTSTRAP el cual nos permitió organizar y estructurar el contenido de nuestra página y darle un estilo agradable para que los usuarios se sientan amigable con la plataforma.

Para la funcionalidad del sistema de reconocimiento de objetos se procede a usar la librería de ml5.js que es un aprendizaje automático para la web.

Sin embargo, para poder desarrollar la aplicación web con esta tecnología se debe acompañar con una librería que sea compatible con esta, en este caso utilizaríamos la librería de p5.js la cual está diseñada para funcionar con ml5.js

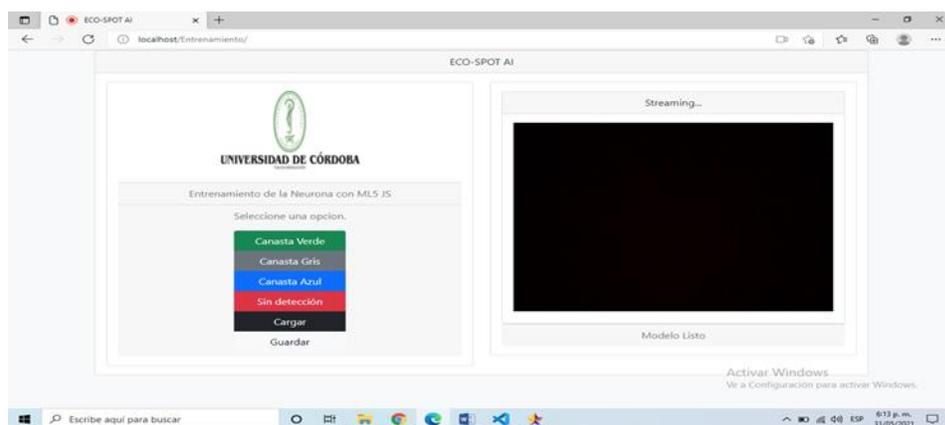


Figura 7. Aplicación web de entrenamiento

Tomado de: Propia autoría.

Habiendo desarrollado la aplicación web de entrenamiento, procedimos a entrenar a la neurona, y continuamos con la toma de fotos de los diferentes desechos que se pueden depositar en las tres canecas de basura del punto ecológico, así como se observa en la figura 7.

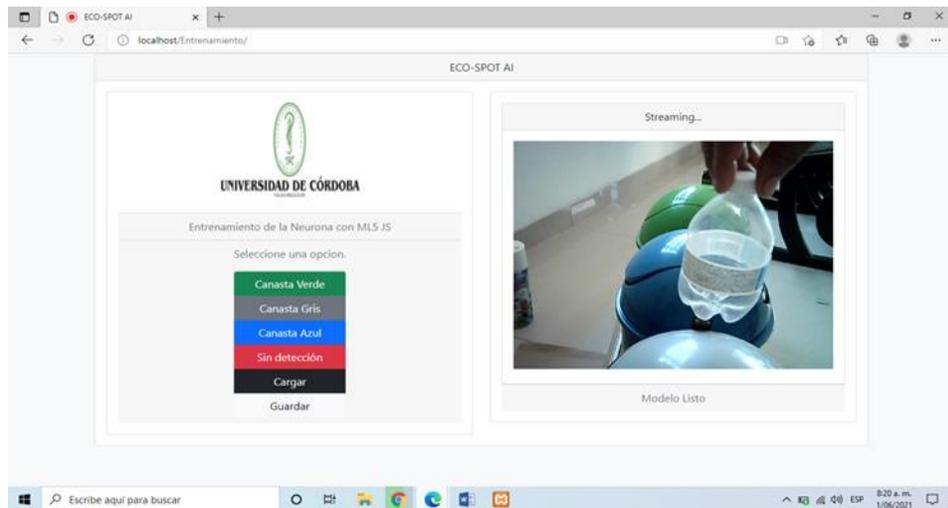


Figura 8. Entrenamiento de la neurona

Tomado de: Propia autoría

Finalizado el entrenamiento, se procede a realizar una copia de respaldo de la aplicación web de entrenamiento, para comenzar a modificar una de las copias, la cual es la que se montaría en el servidor de Apache para cumplir con uno de los requerimientos, que es que el prototipo tenga una interfaz amigable para que el usuario sepa el lugar exacto donde va a depositar el residuo.

En este caso las modificaciones que se les hacen a la aplicación web es la eliminación de los botones y sus funciones, se agregan al código funciones de cargar automático del archivo que contiene a la neurona y posterior a eso se agrega el código para que se conecte por MQTT a un bróker o servicio en la nube, que permite conectar rápidamente hardware y software reuniendo las últimas tecnologías y un diseño moderno para habilitar y admitir IoT a cualquier escala; esta conexión se realiza para enviar la respuesta del servidor donde está contenida la neurona (La identificación de la canasta donde se depositara el residuo).

Para la conexión con el servicio en la nube se utilizó shiftr.io, Aquí el usuario se registra teniendo una cuenta, se crea una instancia entramos a ella y se hace la configuración respectiva, como la creación de un token, el cual es al que se conectar desde la aplicación web; para esto, se copia el link que genera el token y se copia en donde hacemos la conexión de la aplicación web al servicio de shiftr.io.



Figura 9. Aplicación web final

Tomado de: Propia autoría.

Teniendo ya lista toda la parte de desarrollo de software, proseguimos con la conexión de shiftr.io con los demás componentes del sistema, en este caso la conexión de shiftr.io con el arduino, esta conexión se trata de que la respuesta que recibió de la aplicación web se envíe al arduino; logrando conectar así software y hardware.

Para poder llevar a cabo esta conexión es necesario instalar node.js, que sería nuestra capa del servidor que se basa en el lenguaje de programación JavaScript, asíncrono, con E/S de datos en una arquitectura orientada a eventos; permitiendo así conectarnos a shiftr.io por medio del protocolo MQTT para poder recibir el mensaje que llegó desde la aplicación web y así poderlo reenviar o mandar una señal de activación al arduino, esto mediante el protocolo de puerto serial.

5.2.3. Fase III. Pruebas de verificación de la funcionalidad

En esta última etapa procedimos a descargar e instalar el sistema operativo en la Raspberry pi y posteriormente montar los servidores en dicha placa para su ejecución.



Ilustración 4. Montaje del sistema operativo

Tomado de: Propia autoría.

Continuamos a armar la arquitectura de los dispositivos que interactúan con el sistema como se observa en la ilustración 4.

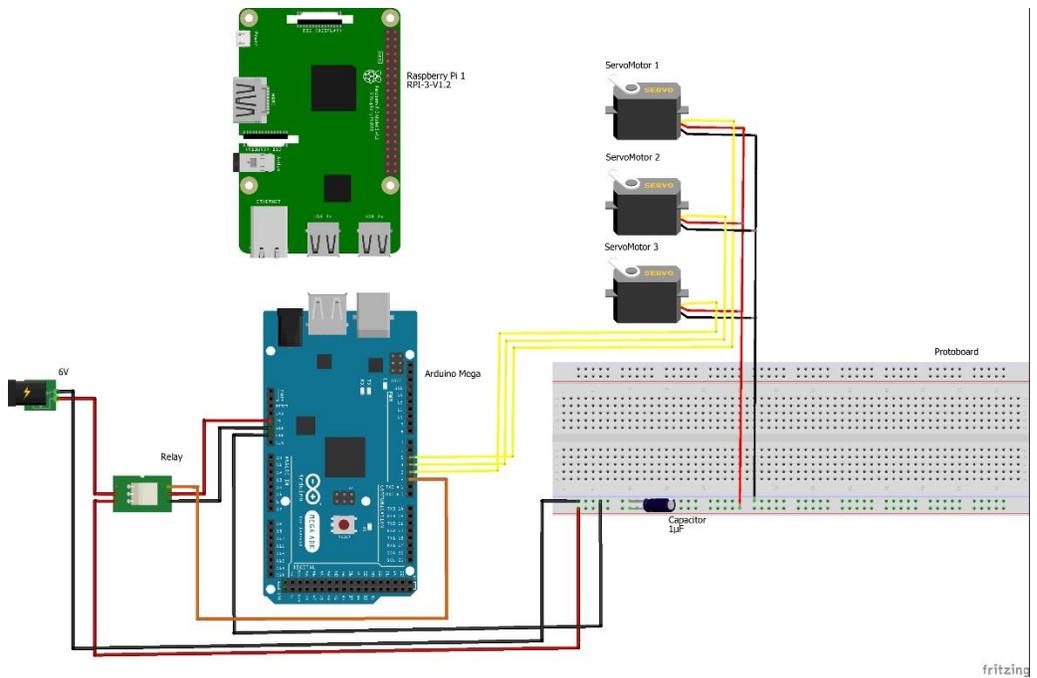


Figura 10. Esquema electrónico del sistema

Tomado de: Propia autoría.

Por último, iniciamos el proceso de ensamblaje de la arquitectura en el prototipo y posteriormente a realizar las pruebas de funcionamiento.



Ilustración 5. Montaje de la Raspberry pi

Tomado de: Propia autoría.



Ilustración 6. Montaje del arduino y rele

Tomado de: Propia autoría.

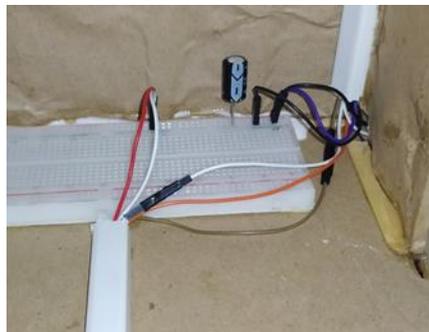


Ilustración 7. Circuito Protoboard

Tomado de: Propia autoría.



Ilustración 8. Montaje del prototipo

Tomado de: Propia autoría.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación, se muestra la arquitectura y funcionamiento del sistema que permite clasificar residuos.

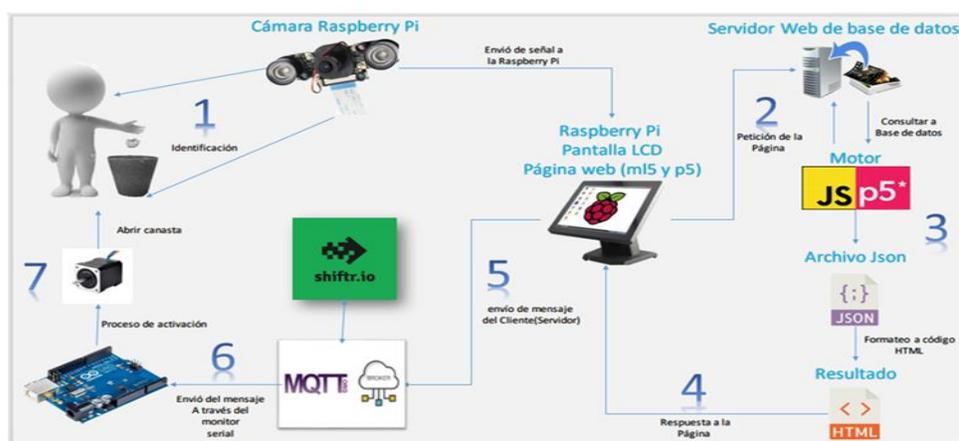


Figura 11. Arquitectura del funcionamiento del sistema

Tomado de: Propia autoría.

Descripción de los pasos de las funciones del sistema

1. Identificación del objeto por la cámara.
2. Envío – Visualización – Petición
 - Envío de señal de la cámara a la Raspberry.
 - Posterior visualización en la pantalla LCD.
 - Petición de la página web a la base de datos.
3. Proceso de verificación en la base de datos del objeto identificado por la cámara.
4. Envío de la respuesta del servidor en formato HTML a la página web.
5. Envío de la respuesta de activación a 1 de los 3 servomotores.
6. Activación de 1 servomotor y posterior apertura del compartimiento o caneca.

En las ilustraciones 9, 10 y 11 se observa las diferentes pruebas realizadas.

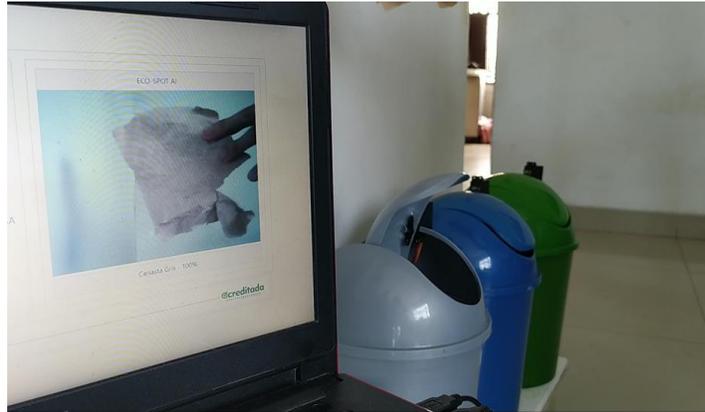


Ilustración 9. Detección de papel

Tomado de: Propia autoría.



Ilustración 10. Detección de plástico

Tomado de: Propia autoría.

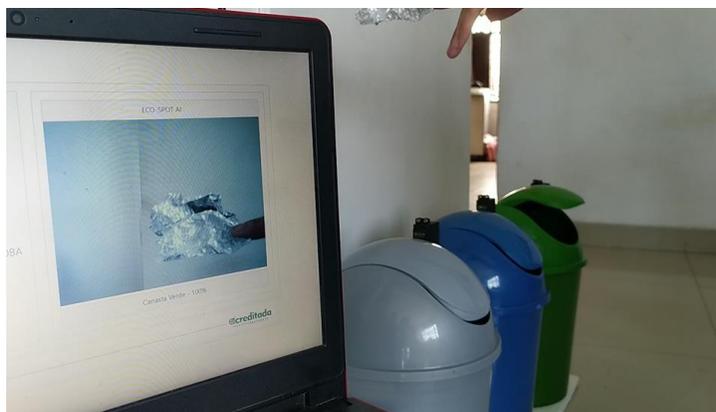


Ilustración 11. Detección de residuos orgánico

Tomado de: Propia autoría.

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de los diferentes residuos utilizados según el color de caneca, el porcentaje de reconocimiento y las pruebas realizadas tras finalizar cada entrenamiento.

Tabla 6. Clasificación de residuos

Color de Caneca	Residuo	Reconocimiento porcentual del objeto	Cantidad de pruebas
Gris	Papel	100%	5
	Cartón	100%	
Azul	Botellas de plástico	100%	
	Bolsas	100%	
Verde	Bolsas	90%	
	Icopor	100%	

7. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que la protección del medio ambiente es un problema, existen diferentes mecanismos que se pueden llevar a cabo para la protección del medio natural, tales como, el tratamiento diferenciado de todos los residuos reciclables.

Estos residuos se recolectan para su posterior uso, reduciendo la cantidad de residuos generados en los rellenos sanitarios, creando nuevas fuentes de trabajo y retornando al sistema de producción para su uso como materia prima.

Es así que la idea de este proyecto tiene un impacto positivo en la comunidad estudiantil de la Universidad de Córdoba Sede Sahagún, en pro al cuidado del medio ambiente a través del uso de las nuevas tecnologías.

Por tanto, esta idea se centra en el desarrollo de tecnologías que permitan aumentar la protección del medio ambiente y los productos de reciclaje. Pero si no toma medidas en la fuente (productor de residuos), estos avances no tendrán sentido. Para optimizar y simplificar la gestión de residuos y mejorar la capacidad de reciclaje de las plantas de tratamiento, se deben tomar acciones responsables para reducir la cantidad de residuos generados y clasificarlos en consecuencia. Solo así podremos controlar el consumo de recursos naturales y así reducir el impacto en el medio ambiente.

Siendo así, se desarrolló la creación del punto ecológico automatizado en el cual se realizaron varios entrenamientos para que la neurona aprendiera a reconocer los diferentes tipos de residuos y así realizar varias pruebas de verificación en las cuales se observó que el sistema reconocía los residuos y postreramente los clasificaba en sus respectivas canecas según el color en el cual se debía desechar.

Es de mencionar que la codificación de colores manejada por las canecas en el punto de ecológico creado, como se observa en las imágenes anteriores; las canecas son de colores gris, azul y verde, estas no son la codificación establecida por las leyes de clasificación de nuestro país las cuales aluden que son (negra, blanca y verde).

Lamentable el punto ecológico no se pudo montar en el campus de la Universidad de Córdoba Sede Sahagún por motivos de las Universidad se encontraba dando las clase de manera virtual por el riesgo de contagio del COVID-19 el cual a conllevó a que los estudiantes a dar sus clases desde casa de manera remota.

8. RECOMENDACIONES

- ✓ Utilizar herramientas para el hardware que ayuden a tener un mejor rendimiento al sistema tales como una Raspberry pi de 3 a 4 de RAM, una cámara que soporte estar en ambientes abiertos y que cuente con un sistema de mejoramiento de fotos nocturnas como por ejemplo una caja de luz exclusiva para el reconocimiento de los desechos.
- ✓ Utilizar nuevas herramientas de reconocimientos de objetos, que permita una instalación más sencilla, ya sea a través de una aplicación de escritorio o utilizando el lenguaje Python el cual su popularidad en las redes neuronales va en aumento. Pues la agilidad que aporta este lenguaje y la potencia de procesamiento de datos de las RNA hace que ambos elementos en conjunto sean la opción más eficaz y eficiente para las empresas de alto rendimiento.
- ✓ Crear un servidor local que permita conectar a otros dispositivos y así poder tener el servicio de reconocimiento en otros puntos de la universidad.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Benavides y Medina, E. L. (2015). *Sistema Basado En La Detección Y Notificación De Somnolencia En Conductores De Autos*. Montería: Universidad De Córdoba.
- ✓ Branco, A. (27 de Octubre de 2018). *¿Qué es la Inteligencia Artificial y cuáles son sus diferentes tipos?* Obtenido de <https://www.elespanol.com/omicrono/tecnologia/20181027/inte>
- ✓ Cirezan, D. M. (2010). Deep, big, simple neural nets for handwritten digit Neural computation, pág. 3207–3220.
- ✓ Correa et al., C. R., Pinzón Delgado, J. T., Aragón Barrero, M. A., Perdomo Santos, P. A., Alfonso Moreno, F. L., & Director. (2017).
- ✓ Escalona, F. (2017). *Reconocimiento de objetos y obtención de mapas 3D*. Universidad de Alicante. Máster Universitario en Automática y Robótica.
- ✓ Fernández, A. (2 de Octubre de 2018). *Contaminación Ambiental: Definición, Tipos y Causas*. Obtenido de <https://www.revistaciencias.com/contaminacion-definicion-causas-tipos/>
- ✓ González, A. (2017). *¿Qué es Machine Learning? Cleverdata*. Obtenido de <https://cleverdata.io/que-es-machine-learning-big-data/>
- ✓ Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In *Advances in neural information processing systems*, pág. 1097–1105.
- ✓ Huerta, J. A. (2015). *Propuesta para establecer un sistema de vigilancia de contaminantes ambientales en Colombia*. Instituto Nacional de Salud. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/843/84340725002.pdf>
- ✓ Larsen, B. (2004). *COST OF ENVIRONMENTAL DAMAGE: A Socio-Economic And Environmental Health Risk Assessment*. Obtenido de shorturl.at/ikyEP
- ✓ LeCun, Y. B. (2015). Deep learning. *Nature*, pág. 436–444.

- ✓ Leonardo Javier Ibañez, M. A. (26 de Diciembre de 2013). *Sistemas expertos: fundamentos, metodologías y aplicaciones*. *Ciencia y tecnología*. doi:<https://doi.org/10.18682/cyt.v1i13.122>
- ✓ Ministerio de Vivienda, g. d. (2017). *Guía de Planeación para el Manejo de Residuos Sólidos de Pequeños Municipios en Colombia*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Gu%C3%ADa%20de>
- ✓ MinVivienda. (2017). *Guía de Manejo de Residuos* . Obtenido de <https://docer.com.ar/doc/n8ccse1>
- ✓ Moreno y Ronquillo, G. M. (2020). *Diseño de un prototipo para sistema de monitoreo del nivel de llenado en contenedores de basura por protocolo de comunicación inalámbrica IEEE 802.15.4 (ZIGBEE)*.
- ✓ Pope, A. (1994). *Model-based object recognition. A Survey of Recent Techniques*. Technical Report.
- ✓ Profesional, R. (19 de Febreo de 2021). *Residuos profesional*. Obtenido de <https://www.residuosprofesional.com/residuos-urbanos-ue-2019/>
- ✓ Raffino, M. E. (13 de Febreo de 2013). *Conceptos de Software*. Obtenido de <https://concepto.de/software/#ixzz6Lax9C12v>
- ✓ Rodríguez González, M. J. (2018). *Raspberry pi como plataforma de algoritmos de Machine Learning: reconocimiento de imágenes y datos financieros en streaming*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- ✓ Semana, R. (2020). *El 78% de los hogares colombianos no recicla*. Obtenido de <https://www.semana.com/medio-ambiente/articulo/el-78-de-los-hogares-colombianos-no-recicla/44231/>
- ✓ Shiffman, D. (10 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://ml5js.org/community>
- ✓ Sierra, M. D. (Agosto de 2007). *Inteligencia artificial en la gestión financiera empresarial*. Obtenido de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/pensamiento/article/viewFile/3518/2252>
- ✓ Werbos, P. (1994). *Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavioral sciences*. the roots of backpropagation.

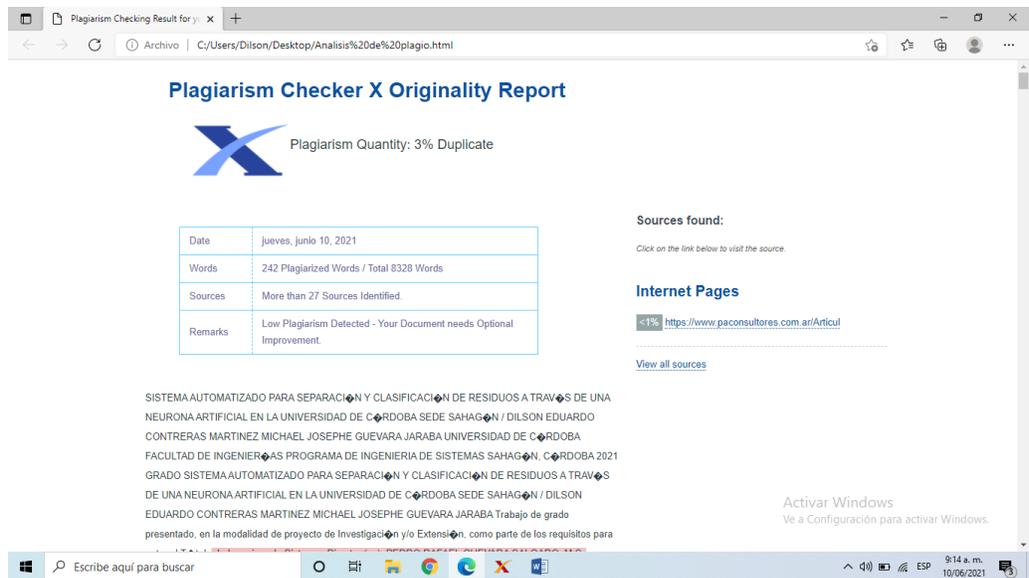
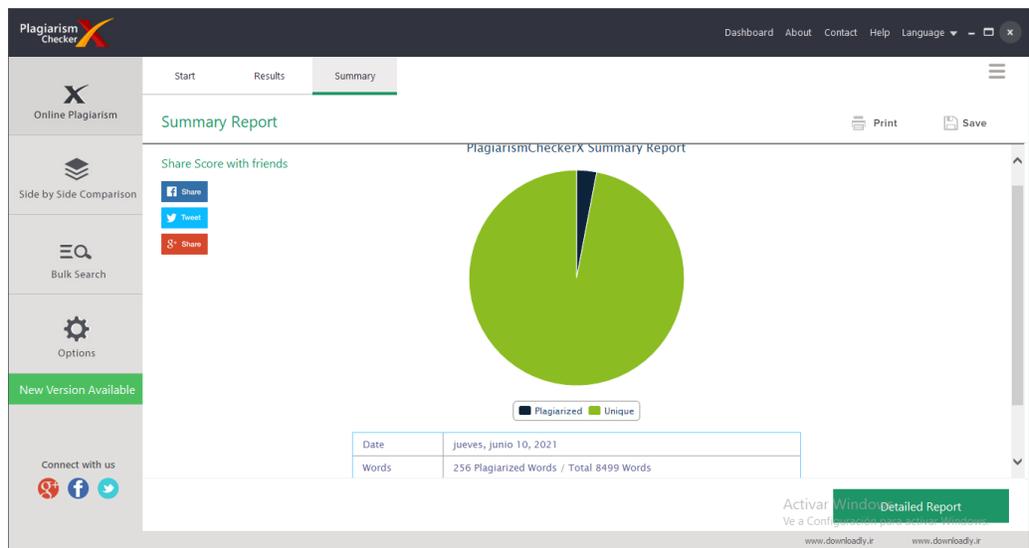
- ✓ Zaforas, M. (2018). *Inteligencia Artificial como servicio: reconocimiento de imágenes*. Obtenido de <https://www.paradigmadigital.com/techbiz/inteligencia->

ANEXOS

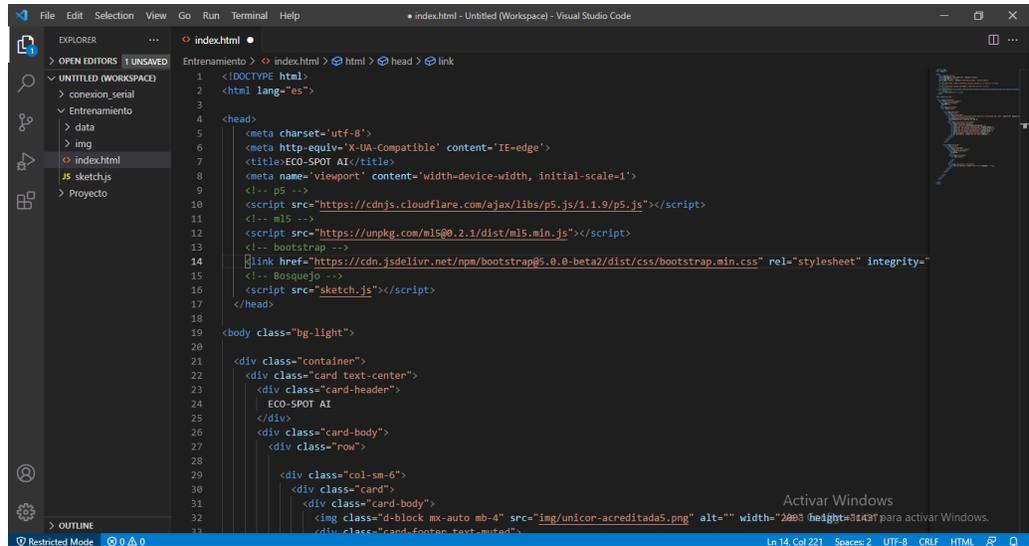
Video del funcionamiento del sistema.

Manual de Usuario.

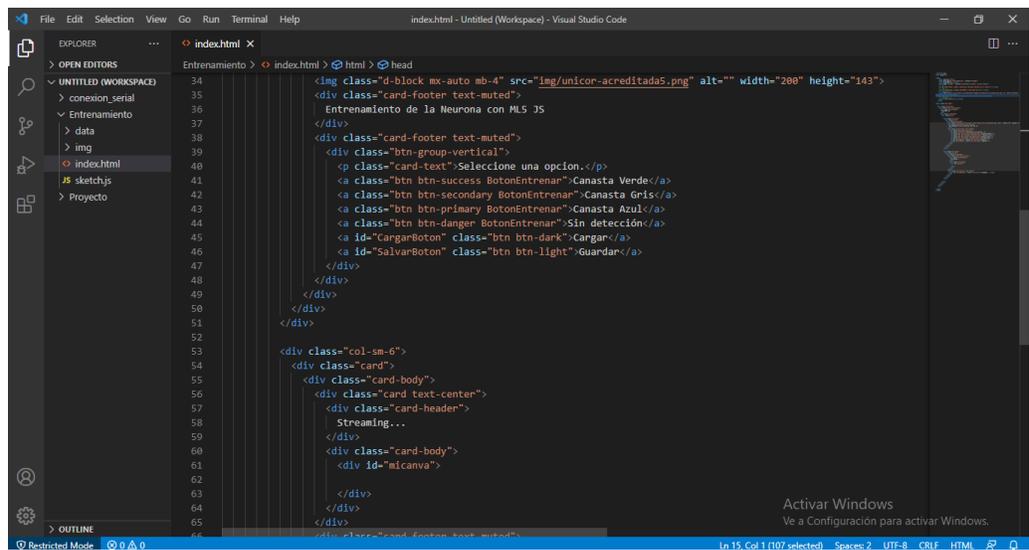
Análisis de plagio.



Código de la aplicación web de entrenamiento



```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="es">
3
4 <head>
5   <meta charset="utf-8">
6   <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
7   <title>ECO-SPOT AI</title>
8   <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
9   <!-- p5 -->
10  <script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/p5.js/1.1.9/p5.js"></script>
11  <!-- ml5 -->
12  <script src="https://unpkg.com/ml5@0.2.1/dist/ml5.min.js"></script>
13  <!-- bootstrap -->
14  <link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.0.0-beta2/dist/css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet" integrity="
15  <!-- Bootstrap -->
16  <script src="sketch.js"></script>
17 </head>
18
19 <body class="bg-light">
20
21   <div class="container">
22     <div class="card text-center">
23       <div class="card-header">
24         ECO-SPOT AI
25       </div>
26       <div class="card-body">
27         <div class="row">
28
29           <div class="col-sm-6">
30             <div class="card">
31               <div class="card-body">
32                 
34             </div>
35           </div>
36         </div>
37       </div>
38     </div>
39   </div>
40
41   <div class="card-footer text-muted">
42     Entrenamiento de la Neurona con ML5 JS
43   </div>
44
45   <div class="card-footer text-muted">
46     <div class="btn-group-vertical">
47       <p class="card-text">Seleccione una opcion.</p>
48       <a class="btn btn-success BotonEntrenar">Canasta Verde</a>
49       <a class="btn btn-secondary BotonEntrenar">Canasta Gris</a>
50       <a class="btn btn-primary BotonEntrenar">Canasta Azul</a>
51       <a class="btn btn-danger BotonEntrenar">Sin detección</a>
52       <a id="CargarBoton" class="btn btn-dark">Cargar</a>
53       <a id="SalvarBoton" class="btn btn-light">Guardar</a>
54     </div>
55   </div>
56
57   <div class="col-sm-6">
58     <div class="card">
59       <div class="card-body">
60         <div class="card text-center">
61           <div class="card-header">
62             Streaming...
63           </div>
64           <div class="card-body">
65             <div id="micanva">
66           </div>
67         </div>
68       </div>
69     </div>
70   </div>
71
72   <div class="card-footer text-muted">
```



```
34 
35 <div class="card-footer text-muted">
36   Entrenamiento de la Neurona con ML5 JS
37 </div>
38 <div class="card-footer text-muted">
39   <div class="btn-group-vertical">
40     <p class="card-text">Seleccione una opcion.</p>
41     <a class="btn btn-success BotonEntrenar">Canasta Verde</a>
42     <a class="btn btn-secondary BotonEntrenar">Canasta Gris</a>
43     <a class="btn btn-primary BotonEntrenar">Canasta Azul</a>
44     <a class="btn btn-danger BotonEntrenar">Sin detección</a>
45     <a id="CargarBoton" class="btn btn-dark">Cargar</a>
46     <a id="SalvarBoton" class="btn btn-light">Guardar</a>
47   </div>
48 </div>
49 </div>
50 </div>
51 </div>
52
53 <div class="col-sm-6">
54   <div class="card">
55     <div class="card-body">
56       <div class="card text-center">
57         <div class="card-header">
58           Streaming...
59         </div>
60         <div class="card-body">
61           <div id="micanva">
62         </div>
63       </div>
64     </div>
65   </div>
66 </div>
67 </div>
68 </div>
69 </div>
70 </div>
71 </div>
72 </div>
```

The screenshot shows the Visual Studio Code editor with the file explorer on the left displaying a project structure. The main editor area shows the HTML code for an index.html file. The code includes a head section with a meta tag for charset, a title tag, and a body section with a card structure. The card has a header, a main content area, and a footer. The footer contains a span with the text 'Cargando...' and a class 'card-title'.

```
60 <meta charset="utf-8" />
61 <title></title>
62 </head>
63 <body>
64 <div class="card-body">
65 </div>
66 <div class="card-footer text-muted">
67 <span id="CartaMensaje" class="card-title">Cargando...</span>
68 </div>
69 </div>
70 </div>
71 </div>
72 </div>
73 </div>
74 </div>
75 </div>
76 </div>
77 </body>
78 </html>
79 </html>
80
```

The screenshot shows the Visual Studio Code editor with the file explorer on the left displaying a project structure. The main editor area shows the JavaScript code for a sketch.js file. The code includes a setup function that initializes variables for camera, message, and canvas, and sets up a neural network model. It also includes a function to create a canvas and a function to handle button clicks.

```
1 // console.log('ml5 version:', ml5.version);
2 var Camara;
3 var CartaMensaje;
4 var BotonesEntrenar;
5 var knn;
6 var modelo;
7 var Clasificado = false;
8 var CargandoNeurona = false;
9 var RelacionCamara;
10
11 function setup() {
12   var ObtenerCanva = document.getElementById("micanva");
13   CartaMensaje = document.getElementById("CartaMensaje");
14   CartaMensaje.innerText = "Cargando APP...";
15   var AnchoCanvas = ObtenerCanva.offsetWidth;
16
17   Camara = createCapture(VIDEO);
18   // Camara.size(1280, 720);
19   Camara.hide();
20   RelacionCamara = Camara.height / Camara.width;
21   var AltoCanvas = (AnchoCanvas * RelacionCamara);
22   var sketchCanvas = createCanvas(AnchoCanvas, AltoCanvas);
23   sketchCanvas.parent("micanva");
24
25   modelo = ml5.FeatureExtractor("MobileNet", ModeloLista);
26   knn = ml5.KNNClassifier();
27
28   BotonesEntrenar = selectAll("#BotonEntrenar");
29   for (var B = 0; B < BotonesEntrenar.length; B++) {
30     BotonesEntrenar[B].mousePressed(PresionandoBoton);
31   }
32
33   var SalvarBoton = select("#SalvarBoton");
```

```
Entrenamiento > JS sketchjs > setup
32 var SalvarBoton = select("#SalvarBoton");
33 SalvarBoton.mousePressed(GuardarNeurona);
34
35 var CargarBoton = select("#CargarBoton");
36 CargarBoton.mousePressed(CargarNeurona);
37
38
39
40 function draw() {
41   background("#b2dfdb");
42
43   image(Camara, 0, 0, width, height);
44
45   if (knn.getNumLabels() > 0 && !Clasificando) {
46     setInterval(clasificar, 500);
47     Clasificando = true;
48   }
49
50   var RelacionCamara2 = Camara.height / Camara.width;
51   if (RelacionCamara != RelacionCamara2) {
52     var Ancho = width;
53     var Alto = Ancho * RelacionCamara2;
54     RelacionCamara = RelacionCamara2;
55     console.log("Cambiando " + Ancho + " - " + Alto);
56     resizeCanvas(Ancho, Alto, true);
57   }
58 }
59
60 function windowResized() {
61   var ObtenerCanva = document.getElementById("micanva");
62   var Ancho = ObtenerCanva.offsetWidth;
63   var Alto = Ancho * RelacionCamara;
```

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

Ln 37, Col 1 Spaces: 2 UTF-8 LF JavaScript

```
Entrenamiento > JS sketchjs > setup
63 var Alto = Ancho * RelacionCamara;
64 resizeCanvas(Ancho, Alto);
65 }
66
67 function ModeloListo() {
68   console.log("Modelo Listo");
69   CartaMensaje.innerHTML = "Modelo Listo";
70 }
71
72 function PresionandoBoton() {
73   var NombreBoton = this.elt.innerText;
74   console.log("Entrenando con " + NombreBoton);
75   EntrenarKnn(NombreBoton);
76 }
77
78 function EntrenarKnn(ObjetoEntrenar) {
79   var Imagen = modelo.infer(Camara);
80   knn.addExemple(Imagen, ObjetoEntrenar);
81 }
82
83
84 function clasificar() {
85   if (Clasificando) {
86     var Imagen = modelo.infer(Camara);
87     knn.classify(Imagen, function(error, result) {
88       if (error) {
89         console.log("Error en clasificar");
90         console.error();
91       } else {
92         // console.log(result);
93         var Etiqueta;
94         var Confianza;
95         if (/CargadoNeurona/
```

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

Ln 37, Col 1 Spaces: 2 UTF-8 LF JavaScript

```
File Edit Selection View Go Run Terminal Help • sketchjs - Untitled (Workspace) - Visual Studio Code
EXPLORER
  OPEN EDITORS 1 UNSAVED
  UNTITLED (WORKSPACE)
  Entrenamiento > JS sketchjs > setup
  94
  95
  96
  97
  > data
  98
  > img
  99
  index.html
  100
  JS sketchjs
  101
  > Proyecto
  102
  103
  104
  105
  106
  107
  108
  109
  110
  111
  112
  113
  114
  115
  116
  117
  118
  119
  120
  121
  122
  123
  124
  125
  OUTLINE
  Restricted Mode 0 0 0 Ln 37, Col 1 Spaces: 2 UTF-8 LF JavaScript
```

```
var Confianza;
if (!CargandoNeurona) {
  Etiqueta = result.label;
  Confianza = Math.ceil(result.confidencesByLabel[result.label] * 100);
} else {
  Etiquetas = Object.keys(result.confidencesByLabel);
  Valores = Object.values(result.confidencesByLabel);
  var Indice = 0;
  for (var i = 0; i < Valores.length; i++) {
    if (Valores[i] > Valores[Indice]) {
      Indice = i;
    }
  }
  Etiqueta = Etiquetas[Indice];
  Confianza = Math.ceil(Valores[Indice] * 100);
}
CartaMensaje.innerHTML = Etiqueta + " - " + Confianza + "%";
});
}
}

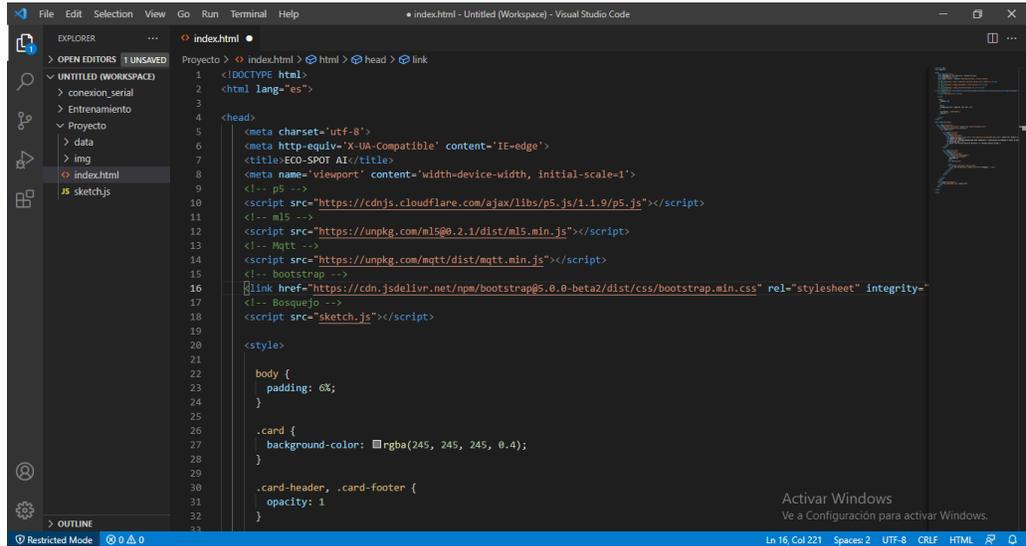
function GuardarNeurona() {
  if (Clasificando) {
    console.log("Guardando la neurona");
    knn.save("Neurona");
  }
}

function CargarNeurona() {
  console.log("Cargando una Neurona");
  knn.load("../data/modelo.json", function() {
```

```
File Edit Selection View Go Run Terminal Help • sketchjs - Untitled (Workspace) - Visual Studio Code
EXPLORER
  OPEN EDITORS 1 UNSAVED
  UNTITLED (WORKSPACE)
  conexion_serial
  Entrenamiento
  data
  img
  index.html
  JS sketchjs
  Proyecto
  OUTLINE
  Restricted Mode 0 0 0 Ln 37, Col 1 Spaces: 2 UTF-8 LF JavaScript
```

```
124 console.log("Cargando una Neurona");
125 knn.load("../data/modelo.json", function() {
126 console.log("Neurona Cargada knn");
127 CartaMensaje.innerHTML = "Neurona cargada de archivo";
128 CargandoNeurona = true;
129 });
130 }
131 }
132
```

Código de la aplicación web final

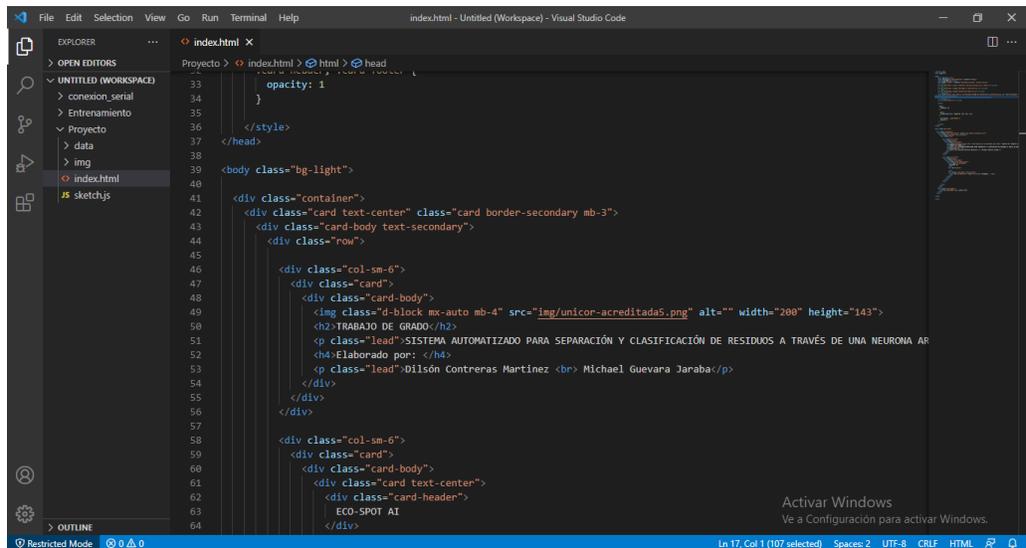


```
File Edit Selection View Go Run Terminal Help
index.html - Untitled (Workspace) - Visual Studio Code

EXPLORER
  UNITS (WORKSPACE)
  conexion_serial
  Entrenamiento
  Proyecto
    data
    img
    index.html
  sketch.js

index.html
1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="es">
3
4 <head>
5   <meta charset="utf-8">
6   <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
7   <title>ECO-SPOT AI</title>
8   <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
9   <!-- ps -->
10  <script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/p5.js/1.1.9/p5.js"></script>
11  <!-- m15 -->
12  <script src="https://unpkg.com/m15@0.2.1/dist/m15.min.js"></script>
13  <!-- mqtt -->
14  <script src="https://unpkg.com/mqtt/dist/mqtt.min.js"></script>
15  <!-- bootstrap -->
16  <link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.0.0-beta2/dist/css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet" integrity=""
17  <!-- Bosquejo -->
18  <script src="sketch.js"></script>
19
20 <style>
21
22   body {
23     padding: 6%;
24   }
25
26   .card {
27     background-color: #d6d8db;
28   }
29
30   .card-header, .card-footer {
31     opacity: 1;
32   }
33
Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

Ln 16, Col 221 Spaces: 2 UTF-8 CRLF HTML
```



```
File Edit Selection View Go Run Terminal Help
index.html - Untitled (Workspace) - Visual Studio Code

EXPLORER
  UNITS (WORKSPACE)
  conexion_serial
  Entrenamiento
  Proyecto
    data
    img
    index.html
  sketch.js

index.html
34   }
35   }
36   }
37 </head>
38
39 <body class="bg-light">
40
41 <div class="container">
42   <div class="card text-center" class="card border-secondary mb-3">
43     <div class="card-body text-secondary">
44       <div class="row">
45
46         <div class="col-sm-6">
47           <div class="card">
48             <div class="card-body">
49               
50               <h2>TRABAJO DE GRADO</h2>
51               <p class="lead">SISTEMA AUTOMATIZADO PARA SEPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS A TRAVÉS DE UNA NEURONA AR
52               <h4>Elaborado por: </h4>
53               <p class="lead">Dilsón Contreras Martínez <br> Michael Guevara Jaraba</p>
54             </div>
55           </div>
56         </div>
57
58         <div class="col-sm-6">
59           <div class="card">
60             <div class="card-body">
61               <div class="card-text-center">
62                 <div class="card-header">
63                   ECO-SPOT AI
64                 </div>
65
Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

Ln 17, Col 1 (107 selected) Spaces: 2 UTF-8 CRLF HTML
```

```
62 <div class="card-header">
63   <div class="card-header">
64     ECO-SPOT AI
65   </div>
66   <div id="micanva">
67
68   </div>
69   <div class="card-footer text-success">
70     <span id="CartaMensaje" class="card-title">Cargando...</span>
71   </div>
72 </div>
73 </div>
74 </div>
75
76 </div>
77 </div>
78 </div>
79 <div class="card-header">
80   
81 </div>
82 </div>
83
84 </body>
85
86 </html>
87
```

```
1 var Camara;
2 var RelacionCamara;
3 var CartaMensaje;
4 var Clasificando = false;
5 var CargandoNeurona = false;
6 var knn;
7 var modelo;
8 var ant = "";
9
10 const client = mqtt.connect('ws://ecopintai:co0Bwq2eX3eeV2a6@ecopintai.cloud.shiftr.io', {
11   clientId: 'MQTT'
12 });
13
14 client.on('connect', function() {
15   console.log('conectado a Shift.io!');
16   client.subscribe('Eco_Spot_AI');
17 });
18
19 function setup() {
20   var ObtenerCanva = document.getElementById("micanva");
21   var AnchoCanvas = ObtenerCanva.offsetWidth;
22   CartaMensaje = document.getElementById("CartaMensaje");
23   CartaMensaje.innerText = "Cargando APP...";
24   Camara = createCapture(VIDEO);
25   // Camara.size(1288, 720);
26   Camara.hide();
27   RelacionCamara = Camara.height / Camara.width;
28   var AltoCanvas = AnchoCanvas * RelacionCamara;
29   var sketchCanvas = createCanvas(AnchoCanvas, AltoCanvas);
30   sketchCanvas.parent("micanva");
31
32   modelo = ml5.FeatureExtractor("MobileNet", ModeloListo);
33   knn = ml5.kNNClassifier();
```

```
File Edit Selection View Go Run Terminal Help • sketchjs - Untitled (Workspace) - Visual Studio Code
EXPLORER JS sketchjs
> OPEN EDITORS 1 UNSAVED Proyecto > JS sketchjs > CargarNeurona
UNTITLED (WORKSPACE)
> conexion_serial
Entrenamiento
Proyecto
> data
> img
index.html
JS sketchjs
32 modelo = m15.FeatureExtractor("MobilNet", ModeloLista);
33 knn = m15.KNNClassifier();
34 }
35
36 function draw() {
37   background("#b2dfdb");
38   image(Camara, 0, 0, width, height);
39
40   if (knn.getNumLabels() > 0 && !Clasificando) {
41     console.log("Empezar a clasificar");
42     setInterval(clasificar, 1000);
43     Clasificando = true;
44   }
45
46   var RelacionCamara2 = Camara.height / Camara.width;
47   if (RelacionCamara != RelacionCamara2) {
48     var Ancho = width;
49     var Alto = Ancho * RelacionCamara2;
50     RelacionCamara = RelacionCamara2;
51     console.log("Cambiando " + Ancho + " - " + Alto);
52     resizeCanvas(Ancho, Alto, true);
53   }
54 }
55
56 function windowResized() {
57   var ObtenerCanva = document.getElementById("micanva");
58   var Ancho = ObtenerCanva.offsetWidth;
59   var Alto = Ancho * RelacionCamara;
60   resizeCanvas(Ancho, Alto);
61 }
62
63 function ModeloLista() {
64   console.log("Modelo Listo");
65   CartaMensaje.innerText = "Modelo Listo";
66 }
67
68 function clasificar() {
69   if (Clasificando) {
70     var Imagen = modelo.infer(Camara);
71     knn.classify(Imagen, function(error, result) {
72       if (error) {
73         console.log("Error en clasificar");
74         console.error();
75       } else {
76         var Etiqueta;
77         var Confianza;
78         if (!CargandoNeurona) {
79           Etiqueta = result.label;
80           Confianza = Math.ceil(result.confidencesByLabel[result.label] * 100);
81         } else {
82           Etiquetas = Object.keys(result.confidencesByLabel);
83           Valores = Object.values(result.confidencesByLabel);
84           var Indice = 0;
85           for (var i = 0; i < Valores.length; i++) {
86             if (Valores[i] > Valores[Indice]) {
87               Indice = i;
88             }
89           }
90           Etiqueta = Etiquetas[Indice];
91           Confianza = Math.ceil(Valores[Indice] * 100);
92         }
93         message = Etiqueta;
94         if (ant != message) {
95           message = Etiqueta;
96         }
97       }
98     });
99   }
100 }
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2
```

```
93     message = Etiqueta;
94     if (ant != message) {
95       client.publish('Eco_Spot_AI', message);
96     }
97     ant = message;
98     CartaMensaje.innerText = Etiqueta + " - " + Confianza + "%";
99   }
100 });
101 }
102 }
103
104 function CargarNeurona() {
105   console.log("Cargando una Neurona");
106   $.load("../data/Neurona.json", function() {
107     console.log("Neurona Cargada knn");
108     CartaMensaje.innerText = "Neurona cargana de archivo";
109     CargandoNeurona = true;
110   });
111 }
112
113 window.onload = CargarNeurona;
114
115
116
117
118
```

Conexión con shiftr.io y envío de activación al arduino, mediante puerto serial

```
1  var mqtt = require("mqtt");
2  var client = mqtt.connect("wss://ecopointai:C00Bwq2eX3eeY2a@ecopointai.cloud.shiftr.io");
3
4  const SerialPort = require("serialport");
5  const port = new SerialPort("COM3", {
6    baudRate: 9600
7  });
8
9  client.on("connect", function() {
10   client.subscribe("Eco_Spot_AI", function(err) {
11     console.log("MQTT Activado");
12   });
13 });
14
15
16
17 client.on("message", function(topic, message) {
18   let Mensaje = message.toString();
19   if (Mensaje == "Canasta Gris") {
20     console.log("Canasta Gris");
21     port.write("1");
22   } else if (Mensaje == "Canasta Azul") {
23     console.log("Canasta Azul");
24     port.write("2");
25   } else if (Mensaje == "Canasta Verde") {
26     console.log("Canasta Verde");
27     port.write("3");
28   }
29 });
30
```

Código de configuración del arduino

```
Proyecto_Punto_Ecologico Arduino 1.8.2
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Proyecto_Punto_Ecologico
#include <Servo.h>

const int Rele = 2;
Servo servo_1;
Servo servo_2;
Servo servo_3;
const int pinservo_1 = 3;
const int pinservo_2 = 4;
const int pinservo_3 = 5;
int pos = 0;

void setup() {
  servo_1.attach(pinservo_1);
  servo_2.attach(pinservo_2);
  servo_3.attach(pinservo_3);

  pinMode(Rele, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  digitalWrite(Rele, LOW);
  if (Serial.available()) {
    char opc = Serial.read();
    Serial.print(opc);
    if (opc == '1') {
      digitalWrite(Rele, HIGH);
      for (pos = 0; pos <= 90; pos += 1) {
```

```
Proyecto_Punto_Ecologico Arduino 1.8.2
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Proyecto_Punto_Ecologico
}
    digitalWrite(Rele, HIGH);
    for (pos = 0; pos <= 90; pos += 1) {
      servo_1.write(pos);
      delay(16);
    }
    delay(5000);
    for (pos = 90; pos >= 0; pos -= 1) {
      servo_1.write(pos);
      delay(16);
    }
  }

  if (opc == '2') {
    digitalWrite(Rele, HIGH);
    for (pos = 0; pos <= 90; pos += 1) {
      servo_2.write(pos);
      delay(16);
    }
    delay(5000);
    for (pos = 90; pos >= 0; pos -= 1) {
      servo_2.write(pos);
      delay(16);
    }
  }

  if (opc == '3') {
    digitalWrite(Rele, HIGH);
```

```
if (opc == '2') {
  digitalWrite(Rele, HIGH);
  for (pos = 0; pos <= 90; pos += 1) {
    servo_2.write(pos);
    delay(16);
  }
  delay(5000);
  for (pos = 90; pos >= 0; pos -= 1) {
    servo_2.write(pos);
    delay(16);
  }
}

if (opc == '3') {
  digitalWrite(Rele, HIGH);
  for (pos = 0; pos <= 90; pos += 1) {
    servo_3.write(pos);
    delay(16);
  }
  delay(5000);
  for (pos = 90; pos >= 0; pos -= 1) {
    servo_3.write(pos);
    delay(16);
  }
}
}
```