



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA COMPUTACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN CIENCIAS
DE LA COMPUTACIÓN**

**PROTOTIPO DE CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS
PARA LA GESTIÓN DE RECICLAJE EN LA ESCUELA “16 DE
OCTUBRE” DEL CANTON DURÁN**

AUTORES

**MERO BARTOLOME MARLON MARCELO
VILLAMARIN SANCHEZ DARWIN VICENTE**

TUTORA

VERGARA LOZANO VANESSA LISSETTE

GUAYAQUIL, ECUADOR

2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA COMPUTACIÓN**

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **“PROTOTIPO DE CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS PARA LA GESTIÓN DE RECICLAJE EN LA ESCUELA “16 DE OCTUBRE” DEL CANTON DURÁN”**, realizado por los estudiantes **MERO BARTOLOME MARLON MARCELO**, con cedula de identidad N° **0943731638** y **VILLAMARIN SANCHEZ DARWIN VICENTE** con cédula de identidad N° **0930999297**, estudiantes de la Carrera Computación, de la Facultad de Ciencias Agrarias, Campus Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

**ING. VERGARA LOZANO VANESSA LISSETTE, MSc.
DIRECTOR DE TESIS**

GUAYAQUIL, 8 de mayo del 2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA COMPUTACIÓN**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“PROTOTIPO DE CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS PARA LA GESTIÓN DE RECICLAJE EN LA ESCUELA “16 DE OCTUBRE” DEL CANTON DURÁN”**, realizado por los estudiantes **MERO BARTOLOME MARLON MARCELO**, con cedula de identidad N° **0943731638** y **VILLAMARIN SANCHEZ DARWIN VICENTE** con cédula de identidad N° **0930999297**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Teresa Samaniego Cobo
PRESIDENTE

Lsi. Verónica Freire Avilés
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Mitchell Vasquez Bermúdez
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Vanessa Vergara Lozano
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 8 de mayo del 2026

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación principalmente: "A mi mami Florinda, por ser el cimiento de mis sueños y el amor incondicional que me impulsó a llegar hasta aquí. Y a la vida, por la oportunidad de aprender, de crecer y por haberme permitido recorrer este camino con salud y esperanza."

Mero Marlon

DEDICATORIA

Si hoy estoy a punto de graduarme, es porque tú nunca te graduaste de ser mi mamá. Nunca dejaste de luchar, de creer, de madrugar, de darme todo aun cuando no tenías, sin pedirme nada a cambio.

Este título que voy a recibir no es solo mío. Es el resultado de tus desvelos, de tu sacrificio silencioso, de cada "hijo, tú puedes" cuando yo sentía que ya no podía más.

Tú me diste la oportunidad de estudiar cuando para ti fue difícil. Me enseñaste que rendirse no era una opción. Me sostuviste cuando casi caigo.

Mamá, me gradúo gracias a ti. Este logro lleva tu nombre, tu sudor y tu amor. No hay palabras que alcancen para agradecerte, pero prometo que cada paso que dé como profesional será para honrarte.

Este título es tuyo también. De parte de tu hijo, Te amo mamá.

Villamarin Darwin

AGRADECIMIENTO

"A la vida, por el privilegio de este camino y por permitirme transformar cada reto en un aprendizaje que hoy culmina en este logro.

A mi mami, Florinda Petter, por ser mi inspiración y mi refugio. Gracias, mamita, por tu amor incondicional, por creer en mí por encima de todo y por ser el pilar fundamental que sostuvo mis sueños durante toda la carrera.

A Genesis Ruiz, mi compañera desde los años del colegio. Gracias por recorrer este camino conmigo y por ser la confidente que siempre me recuerda mi esencia; tu apoyo ha cruzado cualquier distancia para mantenerme firme en este propósito, demostrándome que no existen kilómetros que silencien tu cariño.

A mis amigos Hady Cardenas y Henry Soto, quienes desde fuera del ámbito universitario me brindaron una perspectiva fresca, consejos valiosos y el impulso necesario para no rendirme. Gracias por su amistad sincera y por motivarme a seguir adelante.

Finalmente, agradezco al personal administrativo, tanto a la secretaria como a nuestra tutora de tesis por su disposición y apoyo en los trámites y procesos que hicieron posible la culminación de este proyecto."

Marlon Mero

AGRADECIMIENTO

“Si hoy puedo decir que sigo de pie en esta carrera, es porque nunca caminé solo. Cada uno de ustedes fue clave en un momento distinto, y hoy quiero darles las gracias.

Mami, todo empezó contigo. Gracias por tu sacrificio diario para que yo pudiera estudiar. Por creer en mí cuando ni yo lo hacía, por cada madrugada y cada esfuerzo que hiciste sin quejarte. Tú pusiste la primera piedra de este sueño.

A Joselyn Valarezo, apareciste cuando estuve a punto de perderlo todo. Gracias por esa ayuda económica que me permitió continuar mis estudios. No fue solo dinero: fue la mano que me levantó del piso y me dijo “sigue”. Ese gesto no lo olvido ni lo olvidaré jamás.

A María Fernández Muñoz, Tatiana Chafra y Marlon Mero, mis panas incondicionales, gracias por hacer que la universidad también fuera familia. Por los apuntes, las risas que nos salvaron del estrés, el apoyo en las malas y por aguantarme hasta en mis días grises. Marlon Mero, mi mejor amigo, gracias por soportarme en las buenas y en las malas, por tu paciencia, aunque sé que no la tienes, muchas gracias, amigo; has sido un hermano en toda esta batalla.

Angélica, secretaria de la facultad, gracias por tu paciencia y tu ayuda siempre. Por guiarme en cada trámite, por resolverme lo que parecía imposible y por tener siempre una solución cuando llegaba perdido. Sin ti, muchos nos hubiéramos quedado en el camino.

A los docentes que me impulsaron y motivaron, gracias por no verme como un estudiante más. Gracias por sus palabras en el momento justo, por la exigencia que me hizo crecer y por recordarme por qué elegí esta carrera cuando quise rendirme”.

Villamarin Darwin

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **Mero Bartolome Marlon Marcelo** y **Villamarin Sánchez Darwin Vicente**, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre "**PROTOTIPO DE CLASIFICACIÓN DE BOTELLAS PLÁSTICAS PARA LA GESTIÓN DE RECICLAJE EN LA ESCUELA "16 DE OCTUBRE" DEL CANTON DURÁN**" para optar el título de **INGENIERIA EN COMPUTACIÓN**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, mayo 08 del 2026

Mero Bartolome Marlon Marcelo
C.I. 0943731638

Villamarin Sánchez Darwin Vicente
C.I. 0930999297

RESUMEN

Este estudio presenta el desarrollo de un prototipo para la identificación y clasificación de botellas plásticas en la Escuela de Educación Básica Fiscal "16 de octubre" del cantón Durán. El contexto se enmarca en la crisis ambiental global por residuos plásticos y la ausencia de programas de reciclaje eficientes en instituciones educativas. El problema de investigación reside en el manejo manual e inadecuado de los desechos en el plantel, donde las botellas se mezclan con residuos orgánicos, dificultando su comercialización. El marco teórico integra conceptos de gestión de reciclaje, visión por computadora y sistemas embebidos. La metodología aplicada posee un enfoque cualitativo y un diseño no experimental de prototipado evolutivo, empleando entrevistas y fichas de observación para la recolección de datos. Los resultados consisten en el diseño técnico mediante modelos UML y la construcción de un sistema funcional que utiliza redes neuronales (Tensor Flow) para clasificar marcas específicas de botellas (Dassani, Coca-Cola y Kola Gallito) y una plataforma web para el monitoreo en tiempo real. Se concluye que la automatización del proceso optimiza la gestión de residuos PET, reduce la carga operativa manual y fortalece la conciencia ambiental de la comunidad estudiantil mediante el uso de tecnologías innovadoras.

Palabras clave: *Botellas plásticas, Prototipo, Reciclaje, Redes neuronales, Visión por computadora.*

ABSTRACT

This study presents the development of a prototype for the identification and classification of plastic bottles at the "16 de October" Public Basic Education School in the Durán canton. The context is framed by the global environmental crisis caused by plastic waste and the lack of efficient recycling programs in educational institutions. The research problem lies in the manual and inadequate handling of waste at school, where bottles are mixed with organic waste, hindering their sale. The theoretical framework integrates concepts of recycling management, computer vision, and embedded systems. The methodology employed has a qualitative approach and a non-experimental, evolutionary prototyping design, using interviews and observation sheets for data collection. The results consist of the technical design using UML models and the construction of a functional system that uses neural networks (TensorFlow) to classify specific bottle brands (Dassani, Coca-Cola, and Kola Gallito), along with a web platform for real-time monitoring. It is concluded that the automation of the process optimizes the management of PET waste, reduces the manual operational burden and strengthens the environmental awareness of the student community with innovative technologies.

Keywords: *Plastic bottles, Prototype, Recycling, Neural networks, Computer Vision.*

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	15
1.1 Antecedentes del problema	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	16
1.2.1 Planteamiento del problema	16
1.2.2 Formulación del problema	18
1.3 Justificación de la investigación	18
1.4 Delimitación de la investigación.....	20
1.5 Objetivo general.....	20
1.6 Objetivos específicos	21
2. MARCO TEÓRICO	22
2.1 Estado del arte	22
2.2 Bases teóricas.....	23
2.2.1 Reciclaje	23
2.2.1.1 Tipos de residuos reciclables.	24
2.2.1.2 Reciclaje de botellas plásticas en el Ecuador.....	24
2.2.2 Gestión de reciclaje	25
2.2.2.1 Educación y conciencia sobre el reciclaje.....	26
2.2.2.2 Innovación en el reciclaje.	26
2.2.3 Sistema informático.....	27
2.2.3.1 Componentes software.....	28
2.2.3.2 Componentes hardware.....	30
2.3 Marco legal	32
2.3.1 Derechos de autor, Preceptos Generales	32
2.3.2 Código orgánico de la economía social del conocimiento la creación y la innovación	33
2.3.3 Modelo de software libre	34
2.3.4 Ley orgánica para la racionalización, reutilización y reducción de plástico de un solo uso	34
3. MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1 Enfoque de la investigación.....	36
3.1.1 Tipo de investigación	36
3.1.2 Diseño de investigación	37

Comentado [MV1]: LA NUMERACIÓN QUE SE ENCUENTRA AL LADO DERECHO DE SU ÍNDICE DEBE ESTAR EN ORDEN

	xii
3.2 Metodología.....	38
3.2.1 Metodología de prototipado.....	38
3.2.1.1 Definición de los requerimientos y variables.....	39
3.2.1.2 Modelado de diseño rápido.	40
3.2.1.3 Construcción del prototipo.....	40
3.2.1.4 Entrenamiento.	41
3.2.1.5 Pruebas.	41
3.2.1.6 Entrega y retroalimentación.	41
3.2.2 Recolección de datos	42
3.2.2.1 Recursos humanos.	42
3.2.2.2 Métodos y técnicas.	43
3.2.3 Análisis estadístico.....	44
4. RESULTADOS	46
4.1 Análisis del proceso de reciclaje de botellas plásticas que se llevan a cabo en la Escuela “16 de octubre” para la obtención de requisitos funcionales y no funcionales del sistema utilizando técnicas de recopilación de datos....	46
4.2 Diseño de la estructura del sistema tecnológico mediante modelos UML para el control de reciclaje y clasificación de botellas plásticas.....	47
4.3 Desarrollo del prototipado que permita la identificación y clasificación de botellas en la Escuela “16 de octubre” del cantón Durán.....	48
5. DISCUSIÓN	51
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
6.1 Conclusiones	53
6.2 Recomendaciones	54
7. BIBLIOGRAFÍA	55
8. ANEXOS	61
9. APÉNDICES	106

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Tablas de Recursos	61
Anexo 2: Instrumentos de recolección de información	64
Anexo 3: Resultados de los instrumentos de recolección de información	66
Anexo 4: Glosario LEL.....	70
Anexo 5: Requerimientos funcionales y no funcionales.....	77
Anexo 6: Historia de usuario.....	84
Anexo 7: Diagrama de contexto y DFD.....	84
Anexo 8: Esquema de conexión y arquitectura del prototipo	85
Anexo 9: Diagrama de caso de uso y de bloque	86
Anexo 10: Base de datos y diccionario	88
Anexo 11: Construcción del prototipo y entrenamiento del algoritmo	93
Anexo 12: Dataset del algoritmo	95
Anexo 13: Pruebas de la aplicación.....	97
Anexo 14: Pruebas del prototipo.....	102

Í ÍNDICE DE APÉNDICE

Apéndice N° 1: Manual de Usuario.....	106
Apéndice N° 2: Manual Técnico	110

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

La generación de basura por parte de la población es un fenómeno relativamente reciente, que se intensifica a medida que aumenta el número de habitantes y por el consumo de bienes – servicios a nivel mundial, así mismo el uso excesivo de elementos plásticos es cada vez más evidente, por lo cual el intento por crear sistemas tecnológicos que ayuden a establecer conciencia en el cuidado ambiental se va desarrollando con el transcurrir del tiempo. Aldana (2022) menciona que:

Se estima que la producción global por año es de 300 millones de toneladas de plástico, del cual menos de 70% será reciclado. Esto constituye una de las principales fuentes de contaminación antropogénica en el mundo, debido a los inadecuados o inexistentes sistemas de recolección, reciclado y disposición de urbanos e industriales (pág. 6).

El plástico es uno de los residuos que contribuye en gran medida a la crisis ambiental ya que contamina océanos y mata la vida silvestre. Las botellas de plásticos son uno de los principales productos de consumo más comunes en el mundo, ya que son usados para envasar una amplia variedad de líquidos, y estas se clasifican en distintos tipos como: policloruro de vinilo, polipropileno, poliestireno, polietileno de alta y baja densidad

Según Alianza Basura Cero Ecuador (2022), “Ecuador ha importado un total de 48.473 toneladas de desechos plásticos, entre 2018 y enero de 2022. Durante este lapso, el 2020 fue el año con más importaciones de este tipo”. El país ha sido el tercero de América Latina en importar más desechos plásticos desde Estados Unidos.

En las instituciones educativas, la generación de desechos plásticos es un problema frecuente, en gran parte debido al alto consumo de botellas por parte de los estudiantes y miembros de la comunidad. Frecuentemente, las instituciones no tienen programas ambientales que se enfoquen en el reciclaje de materiales desechables, su separación y clasificación. La falta de cultura ambiental tiene un impacto negativo en el medio ambiente y en cómo la institución es percibida en términos de responsabilidad social por el público.

Las instituciones educativas deben ir más allá de simplemente explicar el problema del mal manejo de los desechos en la comunidad. El desarrollo de un

prototipo para identificar y clasificar botellas de plástico en las escuelas podría mejorar la gestión de residuos y ayudar a reducir la contaminación ambiental. Al permitir una separación más precisa y eficiente de las botellas de plástico y otros desechos, el prototipo podría mejorar la calidad del material reciclable y aumentar las tasas de reciclaje en las escuelas. Adicionalmente, se convertiría en un recurso educativo para sensibilizar a los estudiantes sobre la relevancia del reciclaje y el manejo apropiado de los desechos plásticos.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

En el siguiente apartado se describe la problemática identificada en la Escuela de Educación Básica Fiscal “16 de octubre”, específicamente en relación con el manejo del proceso de reciclaje de botellas plásticas antes de la implementación del prototipo. Se presenta además la formulación del problema, representada mediante una incógnita, y se detalla el método empleado para determinar y caracterizar dicha problemática.

1.2.1 Planteamiento del problema

Es de conocimiento público que las botellas plásticas se utilizan como envase para una amplia variedad de bebidas, tales como gaseosas, jugos, energizantes, entre otras.

Para Tinoco (2021), el mercado ecuatoriano de agua purificada embotellada es amplio, reuniendo alrededor de 140 marcas, de las cuales Coca-Cola y Tesalia Spring concentran el 72% de las ventas nacionales. Esta concentración se refleja en la composición de residuos observado en el plantel, que corresponden a botellas de agua, gaseosas y jugos, pertenecientes a las marcas comerciales consumidas en el Ecuador.

En instituciones públicas o privadas y demás lugares donde circulan mayor cantidad de personas se ve evidenciado el gran consumo y uso de las botellas plásticas; gran parte de las botellas plásticas contienen en su fabricación PET (Polietileno Tereftalato), el cual consta de petróleo crudo, gas y aire. López, J. F. Pomaquero y López, J. L. (2020) afirman que, los plásticos, empleados tanto en la industria como en la vida diaria, pueden tardar unos 180 años en degradarse; al carecer de una capacidad significativa para degradarse, permanecen como residuos durante décadas. Teniendo en cuenta que la producción e incineración de material plástico influye en gran medida al cambio climático, estas obstruyen

vías fluviales, contaminan los mares y océanos junto con los seres que sirven de alimento al ser humano.

La continua degradación del medio ambiente, derivada de la ausencia de medidas contra la contaminación causada por las botellas plásticas en su mayoría, lo que ha impulsado la implementación de acciones preventivas y correctivas. El objetivo es revertir esta situación mediante un adecuado sistema de reciclaje de estos materiales.

Es fundamental reciclar y separar de manera efectiva los residuos generados por el uso humano, especialmente las botellas, con el fin de contrarrestar los impactos negativos de la contaminación. Esta medida facilita la eliminación de estos materiales y contribuye significativamente a la reducción de su impacto ambiental. Sin embargo, surge un nuevo problema cuando las personas no cumplen con los protocolos diseñados para beneficiar al medio ambiente y al trabajo de aquellos encargados de gestionar los residuos comunitarios. Un ejemplo concreto de esta problemática se encuentra en la Escuela de Educación Básica Fiscal "16 de octubre" en la Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Durán.

Tras realizar entrevistas y observaciones en la institución, se descubrió que la escuela ha implementado un programa para la recolección de botellas plásticas debido a su alto consumo en el establecimiento. Este programa, llevado a cabo manualmente por estudiantes, tiene como objetivo generar ingresos para mejorar la infraestructura escolar. No obstante, éstas suelen ser desechadas en botes de basura comunes, donde se mezclan indiscriminadamente con otros tipos de residuos ya sean, orgánicos, papeles y otros materiales.

La falta de separadores de materiales implica que los desechos deban ser clasificados visualmente por el personal, quienes separan manualmente los desechos orgánicos de los reciclables. Estos últimos son almacenados en sacos grandes y posteriormente transportados a un punto de reciclaje, donde se pesan y se venden a empresas especializadas en reciclaje. Este proceso evidencia la importancia de concientizar y educar a la comunidad escolar sobre la correcta disposición de los residuos, garantizando así una gestión ambientalmente responsable y sostenible.

1.2.2 Formulación del problema

El desconocimiento sobre los problemas ambientales ha llevado a un aumento de la contaminación debido al crecimiento de la población y el deterioro del ecosistema en el que vive el ser humano. El uso excesivo de materiales como el plástico, principalmente en botellas, genera agentes contaminantes que necesitan ser reciclados adecuadamente. En los colegios se observa el consumo continuo de una variedad de bebidas embotelladas en envases de plástico, que son desechadas de manera inadecuada por estudiantes, profesores y visitantes de la institución, por lo que se genera la siguiente incógnita:

¿De qué forma colabora un sistema tecnológico en la automatización de los procesos de identificación y clasificación de botellas plásticas en una institución de educación general básica?

1.3 Justificación de la investigación

La realización del presente proyecto es de mucha importancia debido a que la institución educativa requiere optimizar su proceso de reciclaje mereciendo tener tecnologías que ayuden en la identificación y clasificación de botellas plásticas de manera automática, ya que no todas son aceptadas en la comercialización del reciclaje, además de evitar o reducir la cantidad generada por la comunidad estudiantil las que terminan en la basura o vertederos, debido a que el plástico siendo un material hecho por el hombre su descomposición es lenta, siendo este una de las principales causas de la actual crisis ambiental, ya que su composición tiene efectos negativos en el ecosistema.

La tecnología juega un papel importante al proporcionar las herramientas para identificar y clasificar correctamente las botellas de plástico. Aumentando la eficiencia de la gestión de residuos, simplificando y optimizando el tiempo en dicho proceso, evitando que realice una clasificación manual, por lo que se propone el desarrollo de un prototipo recolector de botellas plásticas con capacidades de identificación y clasificación, teniendo en cuenta la forma de las botellas plásticas, en cuanto al tamaño que serán desde las de 500 ml hasta 1000 ml (1 litro), las cuales son comercializadas dentro de la institución (agua Dassani, Cola Gallito y Coca Cola), con el propósito de generar una clasificación adecuada para posteriormente llevar a cabo su comercialización.

Comentado [MV2]: REDACTE EN TIEMPO PRESENTE

Comentado [D3]: Le dije la vez pasada que debe incluir cuales son las que comercializa la institución y es debe ir aquí.

Este sistema fue implementado en una institución educativa de nivel básico y básico medio, donde el funcionamiento del prototipo principalmente es que el usuario ingrese la botella en una apertura de tamaño y espacio proporcionado para botellas de hasta un litro, evitando así una mala incorporación de objetos. La apertura consta de un sensor de infrarrojo ubicado en la entrada, donde detecta si un objeto ha sido colocado y activa la cámara que captura las imágenes de los objetos ingresados,

A través del uso del algoritmo previamente entrenado en Teachable machine, el prototipo es capaz de determinar si el objeto captado por la cámara corresponde a una botella de agua dassani, Kola gallito o coca cola. Una vez realizada la captura, el algoritmo analiza la imagen y clasifica el objeto como apto o no para el reciclaje. En caso de que la imagen no sea clara o no detecte el objeto, se enciende automáticamente un sistema de iluminación auxiliar mediante un relé, garantizando así la visibilidad necesaria para el correcto funcionamiento del proceso de clasificación.

En función del resultado de la clasificación, un servomotor activa el contador cada vez que dirija un objeto al contenedor correspondiente permitiendo un registro en tiempo real de las unidades recicladas, si es apto, cae la botella en el contenedor, sino el prototipo permite retirar el objeto. Paralelamente, un ultrasonido mide el nivel de llenado, y cuando este al límite se genera una alerta mediante una notificación al sistema sea al administrador de la escuela y/o auxiliar de limpieza; así mismo, se realiza si este llegara a sobrepasar la capacidad de llenado, por lo cual este enfoque permite una detección precisa y eficiente, optimizando el proceso de clasificación.

El objetivo principal de este prototipo es fomentar la adopción de tecnologías innovadoras en un proceso que se lleva a cabo manualmente y con ello incentivar el reciclaje y la gestión adecuada de los residuos plásticos; por lo que dentro del sistema del prototipado se lleva a cabo los siguientes módulos:

- **Módulo de repositorio**

Mediante el uso de la cámara ubicada dentro del prototipo se realiza el reconocimiento de cada botella plástica a ingresar, para llevar a cabo el análisis de la característica de su forma y determinar el destino de estas según su categoría aceptadas (agua dassani, Kola gallito y coca cola) y rechazadas, para así lograr la

clasificación con la ayuda también del sensor de infrarrojo para detectar que existe un objeto en la entrada del prototipo.

- **Módulo de repositorio de datos**

Para poder llevar a cabo la identificación y clasificación de botellas plásticas se hizo uso de redes neuronales entrenadas previamente en Teachable machine y este se retroalimentará con las múltiples identificaciones llevadas a cabo durante su funcionamiento.

- **Módulo de notificaciones**

La capacidad de un bote recolector de botellas plásticas es limitada por lo que se implementó el uso del sensor ultrasónico que ayuda a determinar la proximidad al límite de llenado, generando así una notificación indicando que se debe vaciar el contenedor de reciclaje para posteriormente ser llevado al contenedor correspondiente el cual es usado para la comercialización del material.

- **Módulo de reporte**

Para conocer el nivel de consumo de botellas plásticas dentro de la institución de educación se empleó el conteo automático diario para la creación de reportes requeridos para el correcto funcionamiento del sistema.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El proyecto se llevó a cabo en la Escuela de Educación Básica Fiscal "16 de octubre", situada en la Parroquia Eloy Alfaro del Cantón Durán, Provincia del Guayas, Ecuador.

- **Tiempo:** El periodo de tiempo estimado que tomó el desarrollo de esta propuesta fue de 9 meses entre mayo del año 2025 hasta enero del año 2026.

- **Población:** Comunidad estudiantil conformada por aproximadamente 500 usuarios.

1.5 Objetivo general

Crear un prototipo para la identificación y clasificación de botellas plásticas utilizando una red neuronal, aplicando visión por computadora para la gestión de reciclaje en una institución de educación general básica.

1.6 Objetivos específicos

- Analizar los procesos de reciclaje de botellas plásticas que se llevan a cabo en la Escuela “16 de octubre” para la obtención de requisitos funcionales y no funcionales del sistema utilizando técnicas de recopilación de datos.
- Diseñar la estructura del sistema tecnológico mediante modelos UML para el control de reciclaje y clasificación de botellas plásticas.
- Desarrollar el prototipado que permita la identificación y clasificación de botellas en la Escuela “16 de octubre” del cantón Durán.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

En relación con investigaciones que ayuden como guía y fuente de información de este proyecto se realiza la investigación histórica de trabajos relacionados en base al tema expuesto:

Como marco referencial se analizó el proyecto denominado “Smart Bin” elaborado por Cabellos et al. (2022), desarrollado en la institución educativa “El Puente Quiroz” ubicada en Suyo, Piura, Perú. Ante la escasa información sobre separación de residuo sólidos, los autores diseñaron un prototipo de basurero inteligente que, mediante redes neuronales convolucionales y aprendizaje supervisado, enseñando a estudiantes de primaria a separar residuos a través de un sistema interactivo en modalidad virtual. Tras entrenar dos modelos con diferentes volúmenes de imágenes, el segundo que utiliza un conjunto de datos más amplio, reporto menores tasas de error y mayor efectividad en la clasificación de materiales reciclables.

Como antecedente directo al reconocimiento de botellas plásticas, se revisó el trabajo de Urgilez (2022) desarrollado en la provincia de Chimborazo, Frente a la contaminación acumulada en un año en las orillas de las lagunas, el autor propuso un detector de basura inorgánica basado en visión por computadora. Entrenado una cascada de clasificadores en tres familias de descriptores (Patrones Binarios Locales (LBP), Histograma de gradientes orientados (HOG) y Características de Canales Agregados (ACF)), a partir de un set de imágenes locales comparando su capacidad para localizar botellas PET en fotografías de paisaje. El descriptor HOG alcanza la mayor precisión (70%), superando LBP y ACF en escenarios con variaciones de luz y escala.

Calderón y Tabares (2022) abordan la contaminación por PET en Guayaquil diseñando un centro de acopio automatizado que integra visión por computadora, bases de datos, interfaces de usuario (GUI) y prototipado de hardware. El sistema alimentado por energía fotovoltaica clasifica botella PET sin intervención humana, mediante una metodología cualitativa experimental de prototipos que validaron que la estructura soporta 90 kg (peso del panel solar) y que el pipeline de preprocesamiento de imágenes mejora la exactitud del reconocimiento,

demostrando que es posible reducir residuos plásticos con tecnología limpia y bajo costo operativo.

La aplicación de conocimientos es parte fundamental, uniendo las bases de programación con tecnologías de hardware para la creación de prototipos automatizadas y a una óptima ejecución. Loaiza (2023) aborda la clasificación automatizada de botellas de vidrio y plástico, mediante un sistema de clasificación que utiliza reconocimiento de imágenes para el tratamiento de basura, integrado a una mesa vibratoria, una banda transportadora y visión por computadora. El sistema, alimentado por energía eléctrica convencional, identifica materiales sin intervención humana mediante YOLOv5s y microcontrolador ESP32; tras 2.700 pruebas validó que mantiene alta exactitud incluso cuando aumenta el flujo de entrada, demostrando que es posible reducir residuos con tecnología de bajo costo y pipeline optimizado de preprocesamiento de imágenes.

2.2 Bases teóricas

En este apartado se presentan los conceptos clave relacionados con la gestión de reciclaje, la aplicación de la tecnología, así mismo sobre la identificación y clasificación de botellas plásticas, mencionando las aplicaciones y bibliotecas que se utilizarán para desarrollar el prototipo en esta propuesta tecnológica centrada en las tecnologías de la información.

2.2.1 Reciclaje

El reciclaje es el proceso de recolectar, clasificar, procesar y convertir materiales que se consideran desechos para darles una nueva vida útil en forma de nuevos materiales o productos. Los objetivos principales del reciclaje son reducir la cantidad de residuos que se envían a los vertederos, conservar los recursos naturales y reducir el impacto ambiental asociado con la extracción y producción de nuevos materiales. Según la INEC (2020) define los residuos como:

Todo material o resto que no tiene valor económico para el usuario, pero sí un valor comercial para su recuperación e incorporación al ciclo de vida de la materia. Existen dos tipos de residuos: orgánicos e inorgánicos (papel, plástico y vidrio) (pág. 6).

Este punto de vista enfatiza la importancia del reciclaje como un proceso que no solo evita el desperdicio de recursos, sino que también genera beneficios económicos. Dado que existen dos tipos de residuos, orgánicos e inorgánicos, como son el papel, los plásticos y el vidrio, se destaca que estos materiales deben

clasificarse y gestionarse adecuadamente para maximizar su potencial de reciclaje y minimizar su impacto ambiental. Valorando el reciclaje y la reintegración de los residuos a la cadena de suministro, se avanza en la economía circular y se desarrolla en la sociedad una mentalidad sostenible y consciente.

2.2.1.1 Tipos de residuos reciclables.

En la cultura del reciclaje, es esencial adquirir conocimientos sobre los materiales reciclables y cómo clasificarlos correctamente. Esto se debe a que la cantidad y naturaleza de los residuos varían según su origen. Por lo tanto, generalmente se dividen en grupos como: residuos sólidos urbanos, residuos tóxicos y peligrosos, entre otros.

En este caso, nos centraremos en los residuos sólidos urbanos, los cuales se generan en hogares e instituciones de diferentes tipos, obteniendo de ellos diferentes categorías de residuos, de cuales puede existir residuos orgánicos, peligrosos y materiales no reciclables, y reciclables, entre el cual se puede mencionar el plástico.

De acuerdo con el INEC (2020), a nivel nacional, el residuo que se separó con mayor frecuencia fue el plástico, representando el 46,04 %, seguido por los desechos orgánicos, el papel, el cartón, el metal, el vidrio y los envases Tetrapak. Estas cifras ponen de manifiesto la importancia de incentivar la reducción y reutilización de materiales como el plástico, así como la adecuada separación y segregación de residuos, para minimizar el impacto ambiental y asegurar la transición hacia una economía más circular y sostenible.

2.2.1.2 Reciclaje de botellas plásticas en el Ecuador.

El reciclaje de botellas plásticas es una práctica cada vez más común y se ha convertido en una prioridad para promover la sostenibilidad y reducir la contaminación ambiental, así mismo se debe tener en cuenta que la clasificación de botellas plásticas influye en la actividad económica y de acuerdo con la ley indica:

Que el artículo innumerado tercero del Capítulo II del Título innumerado "Impuestos Ambientales", agregado a continuación del artículo innumerado posterior al artículo 89 de la Ley de Régimen Tributario Interno, referente al Impuesto Redimible a las Botellas Plásticas No Retornables, dispone que por cada botella plástica gravada con este impuesto se aplicará la tarifa de hasta dos centavos de dólar de los Estados Unidos de América (0,02 USD), valor que se devolverá en su totalidad a quien recolecte, entregue y retorne las botellas, para lo cual se establecerán los respectivos mecanismos de

recolección, tanto para el sector público como privado, conforme disponga el respectivo reglamento.

El impuesto redimible a las botellas plásticas no retornables establece una medida significativa para promover el reciclaje y la recolección de botellas plásticas en el país. La imposición de un impuesto a estas botellas plásticas no retornables busca incentivar la adopción de prácticas más sostenibles en el manejo de residuos y fomentar la responsabilidad ambiental tanto en el sector público como en el privado.

2.2.2 Gestión de reciclaje

La gestión de reciclaje es un conjunto de acciones que abarca desde la recolección y clasificación de los materiales reciclables hasta su transformación en nuevos productos, con el objetivo de reducir la generación de residuos, siendo este un tema importante ya que es una contribución esencial para la sostenibilidad y la protección del medio ambiente, por lo que es fundamental que la población en general se involucre activamente en la recolección, separación y reciclaje de materiales, como parte fundamental de esta tarea crucial. Martel et al. (2022) afirman lo siguiente:

En gran parte de países a nivel mundial no existe una cultura y educación ambiental para que los ciudadanos desde niños tengan presente lo valioso que es cuidar el medio ambiente y que es importante su cuidado y conservación porque el daño que se hace hoy se verá reflejado de manera negativa en el futuro, entonces cada país debe tomar con seriedad la aplicación de políticas del medio ambiente para sensibilizar y concientizar a la sociedad (pág. 90).

La ausencia de una cultura y educación ambiental en numerosos países alrededor del mundo constituye una preocupación apremiante que requiere atención inmediata. La preservación y protección del medio ambiente son aspectos indispensables para evitar consecuencias irreparables en el porvenir. Cada nación asume la responsabilidad de establecer políticas ambientales que promuevan la sensibilización y concienciación en la sociedad.

Se pueden identificar diferentes aspectos relacionados con la gestión del reciclaje, que abarcan áreas como la infraestructura y logística, las tecnologías aplicadas, la educación y la conciencia, la economía circular, la legislación y políticas, la gestión de residuos electrónicos, el reciclaje en la industria y el comercio, la innovación en el reciclaje, los desafíos y barreras, así como los

beneficios ambientales y sociales; de las cuales las más adaptadas al tema propuesto son las mencionadas en los siguientes apartados.

2.2.2.1 Educación y conciencia sobre el reciclaje.

En general, la educación y la conciencia sobre el reciclaje son fundamentales para impulsar cambios positivos en los hábitos de consumo y promover un futuro más sostenible. Al informar y motivar a las personas sobre la importancia del reciclaje, logrando trabajar juntos para reducir la cantidad de residuos que se genera, analizando estrategias y programas educativos para promover la conciencia ambiental y fomentar la participación ciudadana en el reciclaje para proteger el medio ambiente. Escudero (2024) asevera que, inculcar el reciclaje en la educación primaria forma actitudes ecológicas duraderas: los niños adquieren competencias básicas que se traducen en hábitos sostenibles y mayor sensibilidad ambiental desde temprana edad.

Es vital que las personas adopten una mentalidad ecológica y aprecien la importancia del medio ambiente, y para lograr eso en nuestro entorno es esencial educar a los niños desde temprana edad. El reciclaje y los programas de separación de desechos en instituciones educativas son estrategias clave para abordar la problemática de los desechos sólidos, generando beneficios tanto económicos como educativos, al tiempo que contribuyen a la conservación del medio ambiente y promueven un futuro sostenible.

2.2.2.2 Innovación en el reciclaje.

La innovación debe constar en explorar nuevas tecnologías, métodos y enfoques innovadores para mejorar la eficiencia y efectividad del reciclaje en la institución de educación:

- **Inteligencia artificial (IA)**

La inteligencia artificial tiene una amplia gama de aplicaciones en varios campos por lo que para Andreoli et al. (2022), definen a la inteligencia artificial como:

Campo de estudio dedicado a la creación de sistemas informáticos y tecnologías que llevan a cabo tareas que involucran procesos cognitivos humanos y capacidades para la toma de decisiones, se ha expandido rápidamente en los últimos años, con distintas modalidades y fuerte impacto en diversos ámbitos de gobierno, defensa, industria, comercio y finanzas, así como en dinámicas sociales y culturales (pág. 4).

En los últimos años, la inteligencia artificial ha experimentado un crecimiento exponencial, para maximizar sus beneficios y enfrentar sus desafíos es esencial comprender sus implicaciones éticas y su potencial. La capacidad de imitar las habilidades cognitivas humanas ha llevado a avances impresionantes en áreas como la industria de la defensa, el gobierno, el comercio y la sociedad.

La inteligencia artificial es campo de estudio dedicado a la creación de sistemas informáticos y tecnologías en esta existen diferentes enfoques y técnica, las cuales incluye: el aprendizaje automático, las redes neuronales artificiales, el procesamiento del lenguaje natural y la visión por computadora y de acuerdo con las necesidades se plantea el uso de las siguientes:

- **Redes Neuronales**

Una red neuronal es un método de la inteligencia artificial que enseña a las computadoras a procesar datos de una manera que está inspirada en la forma en que lo hace el cerebro humano, para Bueno (2019):

Es un modelo computacional basado en un conjunto de unidades neuronales simples, cada una con una regla o una condición diferente. A dicha condición se le llama “función de activación”, y esta se debe cumplir antes de propagarse la información a través del resto de unidades neuronales. Cada unidad neuronal o neurona, está conectada con otras a través de enlaces, que a su vez tienen asociados unos pesos que, activan, aumentan, disminuyen o desactivan el valor de cada neurona de la red (pág. 2).

Las redes neuronales son de implementación dentro del entrenamiento de datos de acuerdo con el software a usar, ya que permite ver e interpretar las imágenes, en el caso de este proyecto reconocer objetos y detectarlos.

2.2.3 Sistema informático

Un sistema informático alude al conjunto de componentes hardware, software y personal informática por ello para el desarrollo del prototipo se debe conocer las herramientas tecnológicas que ayudaran a alcanzar la entrega de este por lo que Cárdenas et al. (2022) afirman que un software está conformado por diferentes procesos, documentación, reglas y asociación de datos que forman parte de todas las operaciones lógicas dentro de un sistema computarizado (pág. 92), por ello se debe conocer que la arquitectura es decir los componentes hardware y software.

2.2.3.1 Componentes software.

El software es la parte intangible de un sistema informático, es decir es todo aquel programa existente dentro de un computador, por lo cual para la creación del sistema que identifique y clasifique botellas plásticas en una institución educativa se usara lo siguiente:

- **Teachable Machine**

Para el desarrollo del entrenamiento de la red neuronal mediante algoritmos para la identificación y clasificación de botellas plásticas se hará uso de la plataforma Teachable Machine, Román (2025) lo define de la siguiente manera:

Teachable Machine es una herramienta web de Google que permite crear modelos de IA sin necesidad de saber programar. El tipo de proyectos que podemos hacer con esta herramienta no son chatbots, sino proyectos relacionados con imágenes, sonidos o posturas.

El uso de Teachable machine permite que la creación de modelos de aprendizaje automático de forma ágil y accesible. En el caso del prototipo, se aprovecha esta herramienta para entrenar el modelo con imágenes captadas directamente del entorno donde se implementará el sistema, lo cual mejora la capacidad del algoritmo de redes neuronales convolucionales en sus clases: “agua dassani”, “Kola gallito”, “coca cola”, “otras botellas plásticas”, “nada”, “otra cosa”.

- **Arduino IDE**

Para la programación de los componentes electrónicos se utilizará el ambiente de desarrollo integrado de Arduino, de acuerdo con Pérez (2023):

Este software tiene por sí solo un conjunto de herramientas que permite, editar el código, compilar y depurar todo a través de una interfaz gráfica, así mismo, nos da la oportunidad de interactuar con el microcontrolador almacenando los programas realizados en su memoria interna para poner en marcha todo el hardware. El aplicativo de IDE es un software libre, ya que está disponible su código fuente mismo que está alojado en GitHub y ofrece instrucciones de compila

Mediante el uso de esta herramienta se logrará realizar la configuración de los componentes de hardware para el correcto funcionamiento del prototipo. Así mismo se utilizará la librería estándar servo.h que permitirá controlar la posición del servomotor, ya sea en la placa de Arduino o en el NodeMCU ESP8266.

- **MySQL**

El gestor de base de datos MySQL permite construir sitios web dinámicos de forma sencilla y eficiente. Además, su administración puede realizarse a través de una aplicación desarrollada en PHP, aprovechando la integración nativa que ofrece este lenguaje con el motor de base de datos (Cobo y otros, 2005). Gracias a su simplicidad y eficiencia, la base de datos del prototipo se implementará en MySQL, gestor que garantiza un manejo ágil y confiable de la información generada por el sistema de clasificación.

- **PHP**

PHP es un lenguaje de programación del lado del servidor que se integra de manera transparente con los servidores web más ampliamente utilizados (Apache, Nginx, IIS) y que, al ser incrustado directamente dentro del código HTML, permite generar páginas dinámicas sin necesidad de compilar ni recurrir a archivos separados. (Cobo y otros, 2005). Con este lenguaje se realizará la conexión entre la base de datos y la aplicación.

- **XAMPP**

XAMPP es una pila de software libre creada por Apache Friends que integra Apache, MySQL, PHP y Perl en un solo paquete multiplataforma; la «X» inicial simboliza su compatibilidad con cualquier sistema operativo (Windows, Linux, macOS) (Carrión y otros, 2019). Al utilizar XAMPP el sistema puede ejecutarse de forma local en la computadora, con solo iniciar el paquete se activan el servidor Apache y MySQL necesarios para alojar la base de datos y la aplicación web, sin requerir hardware adicional ni conectividad externa.

- **JavaScript**

JavaScript es un lenguaje diseñado para integrarse directamente en el HTML, al ejecutarse en el navegador permite crear páginas interactivas sin recurrir a Java puro ni consultar constantemente al servidor, ya que opera del lado del cliente y realiza operaciones locales antes de enviar o solicitar datos al backend (Orós, 2010). Con este lenguaje se desarrollará la aplicación que permitirá visualizar la cantidad de botellas recolectadas y las alertas que se generen cuando el bote recolector se encuentre lleno. Asimismo, se combinará con Bootstrap para la creación de la interfaz de usuario, permitiendo una interfaz rápida, visual y funcional.

- **Python**

Es un lenguaje interpretado, multiplataforma y de tipado dinámico que, gracias a su sintaxis clara y su modelo orientado a objetos. Su amplio ecosistema de librerías especializadas acelera el desarrollo de funciones avanzadas sin necesidad de reinventar código, lo que lo convierte en el núcleo ideal para gobernar la lógica del prototipo de clasificación (González, 2014). Para el algoritmo de reconocimiento de la cámara se utilizarán las librerías Tensor Flow + Keras para entrenar y ejecutar el modelo de redes neuronales; Open CV para la captura y el preproceso de los frames de la cámara; Pillow redimensiona y normaliza las imágenes; NumPy para la gestión de los pixeles de alta velocidad.

Así mismo, PySerial para la comunicación entre componente; mysql-connector-python para el registro de cada clasificación y el llenado en la base de datos; time para sincronizar los intervalos de tiempo.

2.2.3.2 Componentes hardware.

- **Arduino Uno R3**

Es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega328, combina compatibilidad con sensores, actuadores y módulos diversos, convirtiéndose en una solución versátil y económica para prototipar y desarrollar sistemas embebidos de forma ágil (Vázquez y otros, 2024). Asimismo, Parrales y Proaño (2025) señalan que este microcontrolador ofrece una plataforma sólida y confiable para el desarrollo de aplicaciones, al garantizar una comunicación eficiente y estable entre los distintos componentes de hardware.

- **Sensor infrarrojo**

El sensor infrarrojo basado en LM393 es un módulo de bajo costo que integra un emisor y un receptor IR junto al comparador LM393; cuando un objeto interrumpe el haz reflejado, el circuito cambia el nivel lógico de salida, ofreciendo una señal digital limpia para microcontroladores sin necesidad de amplificación adicional (Wang y otros, 2024).

- **Cámara**

La cámara web será utilizada para visualizar los objetos introducidos dentro del prototipo, y poder identificar si el objetivo corresponde a una botella plástica o no. El modelo elegido para realizar el prototipo es el HD C270 que ofrece imágenes nítidas y fluidas, además de corrección de iluminación que ayuda a mejorar la

Comentado [MV4]: SOLO DEBE DEJAR ESPACIO EN UNA PÁGINA CUANDO INICIA UN NUEVO CAPÍTULO, CASO CONTRARIO NO

clasificación de las botellas plásticas (agua dassani, Kola gallito y coca cola) y asegura un reconocimiento confiable.

- **Relé**

Es un dispositivo de conmutación eléctrica que, accionado por una pequeña señal de control, utiliza un electroimán para mover un juego de contactos y abrir o cerrar un circuito de potencia sin intervención mecánica directa, esta característica lo convierte en un interruptor remoto (Voltione, 2021).

- **Jumpers**

Otro de los componentes esenciales en la construcción de prototipos son los jumpers que junto con el Protoboard que permiten realizar conexiones temporales entre componentes. Un jumper viene a ser un elemento que se encarga de unir o hacer un puente entre dos terminales cerrando así un circuito eléctrico (Hardware Libre, s.f.). Al ser cables flexibles y desmontables, se pueden conectar y desconectar fácilmente para ajustar o modificar las conexiones según sea necesario Durante la etapa de prototipado. Esto facilita la experimentación y la iteración en el diseño del sistema.

- **Sensor de ultrasonido**

Los sensores de ultrasonidos son de utilidad para medir la distancia y la detección de objetos que se realiza mediante ondas, son sonidos “muy altos”, tanto que el oído humano no los puede escuchar, son inaudibles, es decir, sonidos cuya frecuencia va desde los 20KHz en adelante (Solectro, 2021). Para entender el funcionamiento de estos necesario se ejemplifica los conceptos de la funcionalidad de este.

Entonces al hacer una comparativa entre números se hará la comprensión de la terminología empleada. Los oídos humanos pueden escuchar ondas sonoras que vibran en el rango de aproximadamente 20 veces por segundo (un ruido sordo profundo) a aproximadamente 20,000 veces por segundo (un silbido agudo); sin embargo, el ultrasonido tiene una frecuencia de más de 20.000 Hz y, por lo tanto, es inaudible para los humanos (Solectro, 2021). Por ende, un sensor de ultrasonido cuenta con esta característica que es imperceptible para las personas.

Hay una variedad de sensores de este tipo, en esta sección se explica el funcionamiento del modelo HC-SR04. “El sensor ultrasónico HC-SR04 utiliza un sonar para determinar la distancia a un objeto como lo hacen los murciélagos.

Ofrece una excelente detección de rango sin contacto con alta precisión y lecturas estables en un paquete fácil de usar” (Solectro, 2021). Se elige este modelo porque es ampliamente utilizada en proyectos de esta índole por el rango de detección y precisión de este.

- **Servomotor**

Para el control de movimiento respecto a los diferentes ángulos dentro del prototipado se usa un servomotor que permita mover componentes en rango de ángulos específicos. Es un actuador rotativo o motor que realiza un control preciso en términos de posición angular, aceleración y velocidad, capacidades que un motor normal no tiene (Secoin, 2020). Suelen tener una buena capacidad de carga y resistencia. Pueden mover y manipular objetos de cierto peso, lo que es útil en la manipulación de las botellas de plástico Durante el proceso de clasificación.

Mosquera y Piguave (2025) destacan que este componente es esencial para realizar movimientos con precisión. Ya que, algunos servomotores proporcionan retroalimentación de posición, lo que significa que pueden indicar la posición actual en la que se encuentran. Esta información puede ser útil para el control y la coordinación de movimientos en el sistema de clasificación. Además de ser componentes disponibles y asequibles en el mercado.

2.3 Marco legal

La importancia del marco legal en la investigación, que incluye leyes, reglamentos, decretos y normas que respalden el proceso de investigación. Estas leyes estarán relacionadas con los procedimientos de desarrollo del prototipo de identificación y clasificación de botellas plásticas.

2.3.1 Derechos de autor, Preceptos Generales

Los derechos de autor abarcan ideas establecidas y dirigidas hacia entornos particulares, por lo cual Legislación Nacional – Ecuador (2013) menciona:

Art. 7. Para los efectos de este Título los términos señalados a continuación tendrán los siguientes significados:

Autor: Persona natural que realiza la creación intelectual.

Base de datos: Compilación de obras, hechos o datos en forma impresa, en una unidad de almacenamiento de ordenador o de cualquier otra forma.

Copia o ejemplar: Soporte material que contiene la obra o producción, incluyendo tanto el que resulta de la fijación original como el que resulta de un acto de reproducción.

Programa de ordenador (software): Toda secuencia de instrucciones o indicaciones destinadas a ser utilizadas, directa o indirectamente, en un

dispositivo de lectura automatizada, ordenador, o aparato electrónico o similar con capacidad de procesar información, para la realización de una función o tarea, u obtención de un resultado determinado, cualquiera que fuere su forma de expresión o fijación. El programa de ordenador comprende también la documentación preparatoria, planes y diseños, la documentación técnica, y los manuales de uso.

Sección V

Art. 28. Los programas de ordenador se consideran obras literarias y se protegen como tales. Dicha protección se otorga independientemente de que hayan sido incorporados en un ordenador y cualquiera sea la forma en que estén expresados, ya sea en forma legible por el hombre (código fuente) o en forma legible por máquina (código objeto), ya sean programas operativos y programas aplicativos, incluyendo diagramas de flujo, planos, manuales de uso, y en general, aquellos elementos que conformen la estructura, secuencia y organización del programa.

Art. 29. Es titular de un programa de ordenador, el productor, esto es la persona natural o jurídica que toma la iniciativa y responsabilidad de la realización de la obra. Se considerará titular, salvo prueba en contrario, a la persona cuyo nombre conste en la obra o sus copias de la forma usual (p.2).

Se cita este apartado, porque especifica que se respalda a los autores

intelectuales de proyectos, además de la creación de modelos de prototipos, tal y como se desarrollará el entrenamiento de la red neurona basada en imágenes de botellas plásticas de distintas marcas de bebidas y las dimensiones de los procesos de la institución.

2.3.2 Código orgánico de la economía social del conocimiento la creación y la innovación

Con el propósito de fomentar la adaptación de herramientas informáticas, el gobierno ecuatoriano implementó el Código Ingenios, el cual tiene como objetivo principal la promoción del software libre.

Que, los artículos 385 y 386 de la Constitución prevén que el sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos; recuperar, fortalecer y potenciar los conocimientos tradicionales; desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir (Del Pozo Barrezueta, 2016, p. 2).

Es así como mediante el conocimiento de la utilización de plataformas de código libre se pueden desarrollar aplicativos orientados a promover la implementación de tecnologías en una institución de educación tal y como se realizará en la Escuela de Educación Básica “16 de octubre”.

2.3.3 Modelo de software libre

En la fase de desarrollo del sistema, se utilizará el lenguaje de programación de Python y las librerías de desarrollo que incluye, además de Google Colab como colaborador, por lo cual se cita al Gobierno Electrónico del Ecuador (2008):

Artículo 142.-Tecnologías libres

Se entiende por tecnologías libres al software de código abierto, los estándares abiertos, los contenidos y el hardware libres. Los tres primeros son considerados como Tecnologías Digitales Libres.

Se entiende por software de código abierto al software en cuya licencia el titular garantiza al usuario el acceso al código fuente y lo faculta a usar dicho software con cualquier propósito. Especialmente otorga a los usuarios, entre otras, las siguientes libertades esenciales:

La libertad de ejecutar el software para cualquier propósito; La libertad de estudiar cómo funciona el software, y modificarlo para adaptarlo a cualquier necesidad. El acceso al código fuente es una condición imprescindible para ello; La libertad de redistribuir copias; y, la libertad de distribuir copias de sus versiones modificadas a terceros.

Se entiende por código fuente, al conjunto de instrucciones escritas en algún lenguaje de programación, diseñadas con el fin de ser leídas y transformadas por alguna herramienta de software en lenguaje de máquina o instrucciones ejecutables en la máquina.

Otorgan a los usuarios las siguientes libertades otorgan a los usuarios las siguientes libertades:

La libertad de estudiar dichas especiaciones, y modificarlas para adaptarlas a cualquier necesidad;

La libertad de redistribuir copias de dichas especiaciones; y La libertad de distribuir copias de sus versiones modificadas a terceros (p.1).

Como corresponde a la ley mencionada, se utilizarán plataformas de software libre para la codificación del aplicativo web como Android Studio que se adapta a la temática propuesta.

2.3.4 Ley orgánica para la racionalización, reutilización y reducción de plástico de un solo uso

El plástico al ser un problema que radica como un factor negativo ambiental tanto nacional e internacional, se debe conocer la implementación de regulaciones, como las que menciona la Asamblea Nacional de la República del Ecuador (2021):

Que, es obligación del estado impulsar el desarrollo de las actividades económicas mediante un orden jurídico e institucional que promueva y

fomente la participación de los diferentes sectores sociales económicos y empresariales, y,

Que, los plásticos de un solo uso se han convertido en un problema ambiental grave y es deber de la sociedad garantizar a las generaciones presentes y futuras un ambiente sano la seguridad alimentaria protección de especies naturales de las que dependemos como seres humanos del agua y del suelo que son escasos y cada día reciben desechos que no son adecuadamente reciclados (pág. 6).

El Estado debe promover el desarrollo económico mediante un marco legal e institucional inclusivo, mientras que la sociedad tiene la responsabilidad de proteger el medio ambiente y los recursos naturales, especialmente en relación con los plásticos de un solo uso. Ambas ideas apuntan hacia la necesidad de promover un desarrollo sostenible y equitativo, asegurando un ambiente saludable para las generaciones presentes y futuras.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

La investigación del presente proyecto se basa en un enfoque cualitativo, que implicó la recolección de datos a través de incógnitas previamente planteadas, destacando la necesidad de interpretación por parte de los autores, lo que lleva a la generación de nuevas ideas o resultados. La siguiente sección detalla las metodologías que se utilizaron para desarrollar un prototipo que pueda identificar y clasificar botellas plásticas en una institución educativa de nivel básico y medio, mencionando los diferentes tipos de investigaciones, técnicas y métodos necesarios para recopilar los requisitos funcionales y no funcionales.

3.1.1 Tipo de investigación

El propósito del presente estudio es la utilidad de conocimientos teóricos y prácticos realizando una integración del aprendizaje adquirido para armar juicios de valor, crear innovaciones tecnológicas como es el caso de este documento de titulación que mediante la aplicación de habilidades y técnicas va a ayudar al cumplimiento de los objetivos planteados. Con base a lo anterior, el tipo de investigación acorde al tipo de estudio escogido es la investigación aplicada y documental.

- **Investigación aplicada**

Se optó por la investigación aplicada, también denominada práctica o empírica, porque integra saberes especializados de hardware y software con fundamentos teóricos y procedimientos prácticos. Este tipo de investigación utiliza los conocimientos y habilidades adquiridas a partir de la investigación básica, de la cual toma sus resultados y avances (Huairé, 2019). Su interés primordial radica en las prácticas permitiendo diseñar soluciones tecnológicas concretas que articulan componentes como software y hardware, tal y como lo requiere el estudio.

Es importante destacar que además de los conocimientos adquiridos en la carrera, la problemática se enfocó en el sector ambiental del proceso de reciclaje de botellas con material PET, cuya solución propuesta es un sistema de clasificación e identificación de botellas para reducir el tiempo utilizado para su deterioración y así disminuir los impactos que causa al medio ambiente, por lo que se ve necesario la investigación de estos procesos de reciclaje recalcando la importancia del tipo de investigación utilizada.

- **Investigación documental**

Este tipo de investigación es usada para la recolección de información adecuada y veraz sobre los aspectos relacionados con la temática propuesta, como los fundamentos teóricos de manejo de controladores de hardware y tecnologías de software que se han empleado para la creación del prototipado de identificación y clasificación de botellas de plásticos; teniendo un enfoque cualitativo que se trata de recolectar, recopilar, elegir información y datos de documentos como lectura de libros, ensayos, proyectos, revistas, grabaciones, artículos de periódicos, entre otras fuentes (Torres, 2019). Además de las especificaciones técnicas de los componentes hardware en basado en los requerimientos del lugar donde se va a implementar.

3.1.2 Diseño de investigación

En base a los aspectos y temática investigada del proceso de reciclaje e innovaciones que se utilizaron para la clasificación de botellas se propone la implementación de un prototipo que ayude a la identificación y clasificación de botellas plásticas en una escuela ubicada en el cantón Durán de la provincia del Guayas, razón por la cual se utilizó un diseño de investigación no experimental ya que se obtuvo como prototipo basado a los requerimientos de la institución.

Dado que el objetivo central es construcción un prototipo que identifique y clasifique botellas plásticas, se adoptó un diseño no experimental: se analizó el proceso natural de reciclaje ya establecido en el escenario de estudio sin manipular las variables involucradas. Durante la investigación se limitó a observar, describir y evaluar el flujo de identificación y clasificación existente, para luego contrastarlo con las salidas generadas por el programa informático que, en conjunto con el hardware, conformaron el prototipo final.

El diseño de investigación no experimental se basa en observar fenómenos, sin intervenir ni alterar las condiciones del escenario donde se desarrollan o se llevan a cabo (Leun & Shek, 2018). De acorde a lo expuesto, mediante las fichas de observación se examinó directamente la gestión del reciclaje de botellas, cuyo proceso ya está definido, sin alterar variables y se usaron los registros de distintas fuentes para la implementación del proyecto en la escuela.

Cabe mencionar, que ya existen modelos de prototipos con fines similares lo que el presente estudio da como resultados es la implementación de un prototipo

de hardware empleando programación base para la identificación y posterior clasificación de botellas en la escuela, cuyos fundamentos teóricos y prácticos se ven reflejados en el trayecto de esta investigación donde se evidencia que las variables que interactúan en el mismo, no se ven alteradas de tal forma que no se realiza una comparativa entre dos o varios resultados posibles, sino en la creación e implementación del sistema dada las condiciones del encargado de la escuela.

3.2 Metodología

Para el presente proyecto, se optó por una metodología de prototipo fundamentada en bases teóricas de investigación, utilizando diversos métodos y técnicas, como observaciones y entrevistas con el propósito de recolectar datos e información relevante. Se detallan las distintas fases por las que pasará el proyecto, ya que se trata de un prototipo destinado a identificar y clasificar botellas, el cual fue implementado en una institución de educación básica y media. Este paso previo es fundamental para el posterior diseño del prototipo.

3.2.1 Metodología de prototipado

Con base a la construcción de prototipos se empleó la metodología de prototipado para el diseño y desarrollo del prototipo de identificación y clasificación de botellas para la Escuela "16 de octubre" del cantón Durán. La metodología de prototipo fue utilizada para ofrecer al usuario una visión previa de cómo será el producto final, también denominada desarrollo evolutivo (Sánchez & Gereá, 2025). Los factores esenciales que se toman en cuenta al elegir esta metodología son:

- **Factor tiempo:** Se obtuvo un bosquejo/esquema en menor tiempo para el testeado de este.
- **Factor costo:** El presupuesto propuesto fue ajustado, por lo que se requería un uso óptimo de los recursos del proyecto.
- **Precisión:** Fueron considerados los aspectos generales y específicos, dada las circunstancias del lugar donde se implementó.
- **Factor evolución:** El prototipo tiene fases donde se puso a prueba la correcta funcionalidad de este.
- **Factor funcional:** Deben funcionar todos los componentes del prototipo en la Escuela "16 de octubre" del cantón Durán

Para llevar a cabo la metodología de prototipo de forma correcta, se conformó de las siguientes fases:

Comentado [MV5]: REDACTE DE FORMA APROPIADA, NO SE COMPRENDE

3.2.1.1 Definición de los requerimientos y variables.

En la fase de definición de los requerimientos en un modelo de prototipo para la identificación y clasificación botellas en una escuela fueron las especificaciones y características necesarias que el prototipo debe cumplir para satisfacer las necesidades y objetivos del proyecto. Estos requerimientos pueden ser funcionales y no funcionales. A continuación, se detallan cada uno:

- **Requerimientos funcionales**

Se refiere a las especificaciones relacionadas con las funciones y operaciones que el prototipo debe realizar. Algunos de los requisitos fueron la capacidad para distinguir y clasificar diferentes tipos de marcas de botellas plásticas, en diferentes categorías (por ejemplo: reciclables y no reciclables). Además, de la integración con un sistema de visualización o notificación para mostrar los resultados de la clasificación de manera clara y comprensible (Ver Anexo 5).

- **Requerimientos no funcionales**

Se refiere a las especificaciones relacionadas con aspectos no directamente relacionados con las funciones del prototipo, pero que fueron importantes para su eficiencia, seguridad y usabilidad en el entorno escolar. Como pueden ser la resistencia al agua del prototipo ya que estará en constante contacto con botellas que podrían contener aún con líquidos en su interior al tratarse de una escuela donde por lo general será usado por niños. Otro aspecto importante fue optimizar el uso de recurso energético en la institución, porque es un proyecto que contribuye al cuidado del medio ambiente y otros aspectos como su fácil manejo y mantenimiento (Ver Anexo 5).

- **Plan de desarrollo**

En el presente proyecto se realizó un cronograma para la efectiva planificación de los diferentes partes del prototipo, por lo que se empleó el uso de la herramienta online denominada Monday.com para la gestión y administración de los recursos que ayudaron al diseño, desarrollo e implementación de este. Además de la elaborar una lista de tareas que fueron realizadas acorde al presupuesto, tiempo y recursos asignados.

Comentado [MV6]: TODO SU CAPITULO 3 DEBE REDACTARSE EN TIEMPO PASADO

3.2.1.2 Modelado de diseño rápido.

Una vez establecido los requisitos, materiales considerando los componentes necesarios tanto de hardware y software a utilizar para su construcción, se realizó el boceto y diseño conceptual del prototipo que cumpla con las especificaciones necesarios en el inicio del proyecto, con las siguientes medidas: alto 150 x profundidad 25 x ancho 60 cm.

Se emplearon herramientas de modelado 3D y diagramas para definir la arquitectura completa del prototipo (Ver Anexo 7, Anexo 8 y Anexo 9 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**):

- **Arduino Uno R3:** Configuración de los sensores y actuadores.
- **Cámara:** Captura la imagen del objeto.
- **Sensor infrarrojo:** Detecta si hay un objeto en la entrada del prototipo.
- **Servomotor:** Gira la base de selección; derecha para botellas PET aceptadas, izquierda devuelve el objeto para ser retirado.
- **Foco:** Mejora la visualización del objeto.
- **Ultrasonido:** Mide el nivel de llenado del contenedor.

3.2.1.3 Construcción del prototipo.

Se utilizaron técnicas de construcción y fabricación ensamblados por los integrantes del presente proyecto siguiendo las directrices establecidas en el punto anterior. La construcción del prototipo se llevó a cabo a partir del diseño conceptual previamente definido, iniciando con el ensamblaje de la estructura principal. Para ello, se fabricó la carcasa y el soporte interno conforme a las dimensiones establecidas, asegurando la estabilidad y funcionalidad del sistema. En la parte frontal se instaló una puerta abatible que permite el acceso al interior para mantenimiento y ajustes, así como una cama de recepción en la entrada del prototipo, la cual garantiza el correcto posicionamiento del objeto durante el proceso de identificación.

Posteriormente, se adecuó el interior del prototipo para guiar el desplazamiento de las botellas y facilitar el proceso de clasificación, incorporando elementos de soporte y amortiguación según el diseño del modelo. A continuación, se instalaron los componentes electrónicos, ubicando la cámara y el sistema de iluminación en una posición estratégica para asegurar una correcta captura de imágenes, así como el sensor infrarrojo en la entrada para la detección del objeto.

El mecanismo de selección fue implementado mediante servomotores acoplados a compuertas internas, permitiendo dirigir el objeto hacia la salida correspondiente, mientras que el sensor ultrasónico fue instalado en la parte inferior para el monitoreo del nivel de llenado.

Finalmente, se realizó la integración del sistema electrónico y el ordenamiento del cableado, asegurando la correcta comunicación entre los sensores, actuadores y las placas de control, de acuerdo con el diseño planteado, garantizando el adecuado funcionamiento del prototipo.

3.2.1.4 Entrenamiento.

El entrenamiento del modelo en Teachable Machine para la identificación de botellas se realizó mediante un algoritmo de aprendizaje profundo basado en una red neuronal convolucional (CNN), empleando la técnica de aprendizaje por transferencia. Para este proceso se definieron seis clases: “agua Dasani”, “Kola Gallito”, “Coca-Cola”, “otras botellas plásticas”, “nada” y “otra cosa”, y se utilizaron 8332 imágenes en total para el entrenamiento, distribuidas entre las categorías como se observa en el Anexo 12. Las imágenes fueron capturadas en diferentes ángulos y condiciones de iluminación, lo que permitió al modelo extraer características visuales relevantes y ajustar sus parámetros para diferenciar los patrones propios de cada clase. Posteriormente, el modelo fue evaluado con imágenes no utilizadas durante el entrenamiento para verificar su precisión y confiabilidad en la clasificación.

3.2.1.5 Pruebas.

Una vez culminada la fase de construcción del prototipo se realizaron las pruebas y test de unidades funcionales para las diferentes actividades que tiene que desempeñar el prototipo, realizando informes en base a tiempos de ejecución, usuarios, porcentaje de error, entre otros parámetros que ayuden a verificar la eficiencia del producto.

3.2.1.6 Entrega y retroalimentación.

En base a los resultados de las pruebas realizadas se realizaron modificaciones a nivel técnico y de programación del producto que se va a entregar para su respectiva implementación en la escuela “16 de octubre” ubicada en el cantón Durán.

3.2.2 Recolección de datos

En este apartado se detallan los implementos tangibles, intangibles y recursos humanos empleados para construir el prototipo de hardware y las funcionalidades del sistema de software para su posterior implementación. Teniendo en cuenta el análisis, especificación y validación de los requerimientos brindados y recopilados en base a las necesidades de la escuela donde se pondrá en ejecución el sistema.

3.2.2.1 Recursos humanos.

El proyecto consta de dos partes esenciales, el hardware y software que forman parte de un producto final con la finalidad de la identificación y clasificación de botellas de plásticos donde los desarrolladores del proyecto se dividen las tareas de la siguiente manera:

- Diseño y construcción del prototipado de hardware - Villamarin Sánchez Darwin
- Desarrollo de la aplicación web y móvil - Mero Bartolome Marlon
- Guía de planificación del proyecto/tutora - Ing. Vanessa Vergara MSc.

Cabe recalcar que las tareas que conlleva los macroprocesos anteriormente mencionados requieren de la integración de conocimientos de ambas áreas de hardware y software para el correcto funcionamiento del prototipo (Ver Anexo 1).

- **Hardware**

Según la propuesta del proyecto se requirió de componentes de hardware para el diseño, desarrollo e implementación del prototipado en la Escuela de Educación Básica Fiscal "16 de octubre", las herramientas y materiales que se utilizaron se ilustran en la siguiente tabla (Ver Anexo 1).

- **Software**

Para la parte lógica del sistema se empleó una aplicación web para la gestión y monitoreo del prototipado de hardware, en el cual se requirió los siguientes recursos de software para su correcto funcionamiento (Ver Anexo 1).

- **Recursos varios**

Además de los componentes de hardware y software, se emplearon otros materiales para la estructura de soporte, los cuales son el bote, recipiente o

caparazón donde se integrarán los diferentes componentes, entre otros (Ver Anexo 1).

- **Recursos totales de proyecto**

Posteriormente se detalla la suma de cada uno de los costos totales dados tanto para recursos hardware, software, recursos varios y humanos, obteniendo como resultado el costo total del proyecto (Ver Anexo 1).

3.2.2.2 Métodos y técnicas.

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizaron métodos y técnicas afines al producto propuesto y al área de investigación de esta. Los métodos para la documentación teórica y análisis de la temática se empleó el método cualitativo y cuantitativos, de análisis y de síntesis; además del uso de técnicas de recolección de datos, cuyos fundamentos teóricos/prácticos se detallan a continuación:

- **Método cualitativo**

Teniendo en cuenta la temática planteada se empleó el método cualitativo por las variables que interactúan en el proceso de gestión de reciclaje de botellas de plásticos y los parámetros para su clasificación. El método cualitativo se basa en la descripción y medición de características con base a factores a analizar, el investigador observa al entrevistado desde la distancia. Como se encuentran en un ambiente confortable, las características observadas son naturales y efectivas Guevara et al. (2020). Este método facilitó la comprensión de forma detallada del proceso de reciclaje, de esa manera se logró determinar las actividades que son realizadas para una identificación y clasificación de botellas.

- **Método cuantitativo**

Para la recolección de información sobre la cantidad de botellas plásticas generadas en la institución y la necesidad de la implementación de recursos tecnológicos en el proceso de reciclaje de estas, se hizo uso de este método mediante la realización de censo dirigido al personal administrativo.

- **Métodos de análisis y de síntesis**

Se utilizó el método de análisis y de síntesis son dos enfoques fundamentales empleados en diferentes áreas para descomponer y comprender una problemática y luego reconstruirla de forma organizada y estructurada.

Una explicación detallada sobre los métodos de análisis y síntesis utilizados juntos como un tipo de método científico para el estudio o acercamiento de la

Comentado [MV7]: NO DEJE TÍTULOS AL FINAL DE LA PÁGINA

realidad. Forman un par inseparable que se potencia en dos planos: el empírico y el racional. El primero descompone la realidad compleja hasta revelar sus elementos esenciales y sus vínculos; el segundo recompone esas piezas en una nueva unidad comprensible, cerrando así un círculo cognitivo en que ambas operaciones se alimentan mutuamente (Quintero & Alexandra, 2021). Basada en la combinación organizada de puntos esenciales independientes para la creación de un todo.

- **Técnica de la observación**

Para la aplicación de esta técnica se utilizó la herramienta de fichas de observación diseñadas con el fin de obtener una observación directa e indirecta de los procesos, actividades y tareas que son desempeñadas por la comunidad estudiantil de la institución (Ver Anexo 2).

- **Técnica de la entrevista**

La entrevista es una técnica altamente valiosa en la investigación cualitativa, ya que permitió recopilar datos de manera efectiva. Se define como una conversación con un propósito específico, que va más allá de una simple charla. En este caso, se llevó a cabo una entrevista dirigida a la MSc. Luisa Prieto, quien ocupa el cargo de rectora encargada en la Escuela de Educación Básica "16 de octubre" en el cantón Durán, ubicado en la provincia del Guayas (Ver Anexo 2).

- **Presupuesto**

En el siguiente apartado se detallan las actividades necesarias para cumplir con el objetivo del proyecto, por lo cual, el presupuesto fue destinado al desarrollo e implementación de un prototipo de identificación y clasificación de botellas plásticas. Cabe recalcar que los precios variaron en distintos lugares tanto locales como internacionales ya que existen diferentes proveedores, también en diferentes plataformas de mercado libre como: Amazon, AliExpress, entre otras. Los precios estipulados dentro del presupuesto radican dentro de la ciudad de Guayaquil (Ver Anexo 1).

3.2.3 Análisis estadístico

El presente proyecto manifiesta un estudio de tipo cualitativo por lo cual no se realizará un análisis estadístico sin embargo se hizo uso de técnicas como la observación y entrevista, obteniendo como resultados un breve estudio del uso y la

gestión de botellas plásticas en la Escuela de Educación Básica "16 de octubre" del Cantón Durán.

En la institución se pudo observar que no se realiza una actividad dedicada al reciclaje con herramientas que ayuden a fomentar la recolección debida de las botellas plásticas, así mismo se logró detectar que no existe personal dedicado a la recolección y clasificación del material reciclable, como se menciona en el anexo correspondiente (Ver Anexo 3) así mismo mediante la entrevista dirigida a la rectora encargada de la institución, se manifiesto que la institución mantiene un programa dedicada a la labor de reciclaje con el propósito de generar ingresos propios para mejora de infraestructura institucional, pero no contaban con herramientas que logren alcanzar la meta establecida (Ver Anexo 3).

4. RESULTADOS

En este capítulo, se presentan los resultados obtenidos a lo largo de la ejecución del proyecto "Prototipo de Clasificación de Botellas Plásticas para la Gestión de Reciclaje en la Escuela '16 de octubre' del Cantón Durán". Los resultados se organizan de acuerdo con los objetivos planteados en el proyecto y se destacan las principales observaciones, logros y conclusiones.

4.1 Análisis del proceso de reciclaje de botellas plásticas que se llevan a cabo en la Escuela "16 de octubre" para la obtención de requisitos funcionales y no funcionales del sistema utilizando técnicas de recopilación de datos.

El primer objetivo del proyecto fue analizar los procesos de reciclaje de botellas plásticas en la escuela para obtener los requisitos funcionales y no funcionales del sistema.

Se realizó un análisis exhaustivo de los procesos de reciclaje de botellas plásticas que se llevaban a cabo en la Escuela "16 de Octubre", identificado a los actores involucrados en el flujo de reciclaje de botellas plásticas, donde dentro de los procesos implica recolección del material plástico que se encuentran en repositorios recicladores los cuales se alojan junto con otros desechos, implicando realizar una separación de manera manual por parte de los actores involucrados como son el personal de limpieza y en algunos casos la comisión de padres de familia llevando a cabo el almacenamiento de estas en un centro de acopio que mantiene la institución para su posterior venta.

Basándonos en el análisis de los procesos de reciclaje, se definieron los requisitos funcionales que el prototipo de clasificación de botellas plásticas debía cumplir. Estos requisitos son esenciales para garantizar que el sistema satisfaga las necesidades de la escuela en cuanto a la gestión de reciclaje de botellas. Los principales requisitos funcionales identificados son los siguientes: El sistema debe ser capaz de reconocer y distinguir las botellas de agua dassani, Kola gallito y coca cola, debe realizar la clasificación de las botellas de manera automática y eficiente, separándolas en categorías de reciclables y no reciclables, se requerirá una interfaz de usuario amigable que permita a los usuarios supervisar y gestionar el sistema. El sistema debe generar informes sobre la cantidad de botellas recicladas y proporcionar seguimiento de datos para evaluaciones posteriores (Ver Anexo 5).

Comentado [MV8]: VERIFIQUE EL INTERLINADO, EL M ISO DEBE SER IGUAL QUE EL TEXTO DEL PÁRRAFO

Además de los requisitos funcionales, se identificaron requisitos no funcionales que son cruciales para el diseño y la implementación del prototipo. Estos requisitos se centran en aspectos como el rendimiento, la seguridad y la escalabilidad del sistema. Los requisitos no funcionales clave son los siguientes: Se debe garantizar que el sistema opere de manera segura, sin riesgo para los usuarios y sin causar daño a las botellas plásticas, el prototipo debe ser escalable para acomodar un aumento en la cantidad de botellas recicladas en el futuro, el sistema debe ser de fácil mantenimiento y requerir un mínimo de intervención técnica (Ver Anexo 5).

Asimismo, se elaboró un glosario de términos, con el propósito de definir de manera clara y precisa los conceptos utilizados a lo largo del proyecto. Esta herramienta permitió unificar el lenguaje técnico y operativo, garantizando que todos los participantes tanto los desarrolladores como los usuarios finales comprendan de forma coherente los elementos que conforman el sistema. Gracias a ello, el contenido del proyecto resulta más accesible, consistente y fácil de interpretar, evitando ambigüedades y facilitando la comunicación entre las diferentes etapas del desarrollo (Ver Anexo 4).

4.2 Diseño de la estructura del sistema tecnológico mediante modelos UML para el control de reciclaje y clasificación de botellas plásticas.

Para el diseño de la estructura del sistema tecnológico se empleó el Lenguaje Unificado de Modelado (UML), con el objetivo de representar de manera clara y estructurada los componentes, interacciones y procesos que conforman la aplicación destinada al control de reciclaje y clasificación de botellas plásticas. El uso de modelos permitió visualizar el funcionamiento interno del sistema antes de su desarrollo, asegurando coherencia entre los requerimientos funcionales y el diseño técnico.

Se desarrollaron las historias de usuario, las cuales describen de manera breve y clara las principales funcionalidades del sistema desde la perspectiva de sus actores principales, es decir, la rectora, el comité de padres de familia y el personal de limpieza, tal como se detalla en el Anexo 6. Estas historias permitieron comprender las necesidades operativas y los objetivos que cada perfil espera alcanzar al interactuar con el sistema de control de reciclaje y clasificación de botellas plásticas.

Comentado [MV9]: VERIFIQUE EL INTERLINADO, EL MISO DEBE SER IGUAL QUE EL TEXTO DEL PÁRRAFO

Posteriormente, se elaboró el diagrama de contexto, en el cual se representa la interacción general entre el sistema y los elementos externos que participan en el proceso. Dicho diagrama permite visualizar los límites del sistema y el flujo de información entre sus componentes, como se observa en el Anexo 7 Figura 1.

Para el diseño estructural y funcional, se emplearon herramientas gráficas basadas en el Lenguaje Unificado de Modelado (UML), mediante las cuales se desarrollaron diversos diagramas, entre ellos el diagrama de casos de uso, que ilustra los diferentes escenarios de interacción entre los actores del sistema (la rectora, el comité de padres de familia y el personal de limpieza) y el prototipo tecnológico (Ver Anexo 9). A partir de estos diagramas, se procedió a la construcción del Diagrama de Flujo de Datos (DFD) de nivel 0 y 1, donde se detalla el procesamiento interno de la información y la interrelación entre los procesos principales, como puede apreciarse en el Anexo 7, Figura 2 y Figura 3.

De igual manera, se elaboró el diccionario de datos y el Diagrama Entidad-Relación (DER). En el diccionario de datos se especifican los detalles técnicos de cada elemento almacenado, incluyendo su tipo de dato, campo, descripción, formato y reglas de validación. Por su parte, el DER representa gráficamente las entidades del sistema (como Usuario, Tipo, Reporte y Reporte Mensual) y las relaciones existentes entre ellas, facilitando la comprensión del modelo lógico de la base de datos, como se evidencia en el Anexo 10.

Por último, se diseñó el esquema de conexión del sistema, el cual permite visualizar de manera clara y estructurada la interconexión entre los sensores, actuadores y demás componentes electrónicos que conforman el prototipo. Este diagrama muestra cómo se comunican los distintos módulos de hardware para ejecutar las funciones de detección, clasificación y control del proceso de reciclaje de botellas plásticas, como se puede observar en el Anexo 8.

4.3 Desarrollo del prototipado que permita la identificación y clasificación de botellas en la Escuela “16 de octubre” del cantón Durán.

Para el desarrollo del prototipo se elaboró primero un diseño estructural en 3D con el propósito de visualizar su forma general, verificar su funcionalidad y definir la ubicación de cada componente. La estructura se proyectó con dimensiones de 150 cm de alto, 25 cm de profundidad y 60 cm de ancho. Este diseño fue realizado mediante la herramienta de modelado Tinkercard, por otro

lado, mediante el esquema de conexiones se muestra la interacción entre los componentes de hardware y software, como se puede ver en el Anexo 8.

Posteriormente, se procedió con el ensamblaje físico de la estructura y la configuración de los componentes electrónicos utilizando el IDE de Arduino. Esta etapa permitió integrar correctamente cada elemento del hardware, asegurando su funcionamiento óptimo y la estabilidad del sistema durante el proceso de clasificación de las botellas. Asimismo, se elaboraron los diagramas de bloques del prototipo y del sistema, con el fin de representar su funcionamiento de forma clara y organizada. Dichos diagramas describen las principales funcionalidades y la relación entre los módulos que conforman el sistema, tal como se detalla en el Anexo 9 y Anexo 11.

En cuanto al sistema web, se implementó un módulo de inicio de sesión con recuperación de contraseña. Una vez dentro, el usuario accede a un dashboard que presenta tres gráficos para interpretar los registros de botellas clasificadas, ya sea por día, por mes o en total. También se desarrolló un módulo de gestión de usuarios que permite ingresar, editar o eliminar perfiles, y un módulo de clases donde se visualizan las marcas de botellas reconocidas por el algoritmo, así como la opción de agregar nuevas marcas. Finalmente, se incorporaron los módulos de reportes: uno que muestra la cantidad clasificada por fecha y otro que presenta los datos en formato gráfico, como se observa en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

El sistema de reporte se desarrolló mediante la implantación de herramientas de código abierto, en primer lugar, se empleó MySQL como gestor de base de datos, debido a su eficiencia, estabilidad y facilidad de integración en aplicaciones web, permitiendo almacenar, organizar y consultar de manera ágil el registro de las botellas plásticas. Para la interacción con la base de datos se utilizó PHP que permite construir sistemas dinámicos incrustándose directamente en el código HML, procesando las solicitudes provenientes del navegador y recuperando la información almacenada en la base de datos y enviándola a la interfaz web.

El desarrollo y ejecución local del sistema se facilitó gracias a XAMPP, un paquete que integra Apache, MySQL y PHP en un entorno listo para operar sin configuraciones complejas. Para la capa visual e interactiva de sistema mediante JavaScript se construyó el módulo de visualización de reportes que muestra en

tiempo real la cantidad de botellas clasificadas, el tipo de residuo identificado y las alertas cuando el contenedor está lleno. A su vez, este lenguaje se combinó con el framework Bootstrap, logrando una interfaz intuitiva, rápida y adaptable, orientada a facilitar la comprensión de los datos por parte del usuario final.

Para el reconocimiento de las botellas se desarrolló en Python, aprovechando su sintaxis clara, su naturaleza multiplataforma y su amplio ecosistema de librerías especializadas para visión artificial y machine Learning. Este proceso fue implementado utilizando Tensor-Flow y Keras para el entrenamiento y ejecución del modelo de redes neuronales; Open-CV para capturar y preprocesar las imágenes provenientes de la cámara; Pillow para redimensionar y normalizar los cuadros de entrada; y NumPy para el manejo eficiente de matrices de píxeles. Además, Py Serial permitió la comunicación entre la computadora y los componentes electrónicos del prototipo, mientras que mysql-connector-python permitió el registro automático de cada clasificación directamente en la base de datos. La librería time se empleó para gestionar los intervalos de captura, procesamiento y envío de datos al servidor.

5. DISCUSIÓN

Para el desarrollo de este proyecto se emplearon los microcontroladores NodeMCU ESP8266 y Arduino Uno R3 para gestionar los sensores y actuadores encargados del funcionamiento del prototipo de clasificación de botellas. En cuanto al reconocimiento de las botellas, se implementó un modelo entrenado en Teachable Machine, permitiendo identificar en tiempo real diferentes tipos de botellas (agua dassani, Kola gallito y coca cola) a partir de imágenes captadas por la cámara del prototipo. Este enfoque facilitó la clasificación automática sin necesidad de integrar algoritmos de visión artificial complejos.

El estudio de Loaiza, (2023) se enfocó en la clasificación automatizada de botellas de vidrio y plástico mediante un sistema más avanzado basado en visión por computadora, integrando elementos como una mesa vibratoria, una banda transportadora y el modelo YOLOv5s. Para el procesamiento de la información utilizó un microcontrolador ESP32, logrando identificar materiales sin intervención humana y alcanzando una elevada precisión tras 2 700 pruebas incluso en condiciones de mayor flujo, optimizando así la gestión de residuos y reduciendo la merma del proceso.

Por otro lado, el proyecto “Smart Bin” de Cabellos y otros, (2022) se desarrolló como una solución educativa orientada a mejorar la separación de residuos en estudiantes de primaria mediante un enfoque interactivo. Utilizó redes neuronales convolucionales para la clasificación de residuos en un entorno virtual, entrenando dos modelos con diferentes volúmenes de imágenes. Los resultados demostraron que el modelo con un conjunto de datos más amplio ofreció una mayor precisión y menor tasa de error, destacando la importancia de la cantidad y calidad del dataset en los procesos de aprendizaje supervisado.

Si bien tanto Loaiza como Cabellos aplican técnicas avanzadas de visión artificial, difieren en propósito y complejidad: Loaiza se orienta a un sistema físico industrial optimizado, mientras que Cabellos se centra en un entorno educativo virtual. En contraste, el presente proyecto combina elementos de ambas perspectivas, integrando una solución de bajo costo y físicamente implementada, pero también con un enfoque educativo al permitir a los estudiantes observar su funcionamiento y comprender la importancia del reciclaje. Además, a diferencia de ambos estudios, se incorporó la visualización y almacenamiento de datos mediante

conexión wifi, permitiendo un monitoreo real del proceso y una gestión más organizada del reciclaje dentro de la institución.

En síntesis, todos los proyectos comparten el objetivo de mejorar la clasificación de residuos, pero cada uno lo adapta a su contexto. El prototipo desarrollado en la Escuela “16 de octubre” destaca por su accesibilidad, facilidad de replicación y su capacidad de integrarse con herramientas educativas y plataformas digitales, demostrando que es posible obtener resultados funcionales sin recurrir a hardware industrial o modelos de IA altamente complejos.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El diagnóstico realizado en la Escuela “16 de octubre” demuestra que el reciclaje de botellas plásticas aún depende de tareas manuales, dispersas y poco sistematizadas. Esta situación genera ineficiencias, riesgos de contaminación y pérdida de valor económico del material. A partir del análisis se ha logrado traducir esas carencias en un conjunto claro de requisitos funcionales (reconocimiento automático de marcas como lo son agua dassani, Kola gallito y coca cola, clasificación en reciclables/no-reciclables, interfaz de usuario, generación de reportes) y no funcionales (seguridad, escalabilidad, bajo mantenimiento) que deben guiar el diseño de un prototipo automatizado de clasificación mediante la aplicación de la entrevista y la ficha de observación. El glosario elaborado asegura que desarrolladores, personal escolar y comisión de padres compartan el mismo lenguaje, reduciendo errores de interpretación en las siguientes fases del proyecto.

El diseño basado en UML tradujo los requisitos en un modelo técnico integral y coherente con las historias de usuario, casos de uso, DFD, DER y esquema de conexión, que alinea las expectativas de la rectora, comité de padres y personal de limpieza con la arquitectura de software y hardware, proporcionando una hoja de ruta clara que minimiza riesgos y reinterpretaciones durante la construcción del prototipo. Al estar cada interacción, proceso y dato formalmente descrito, se garantiza que el flujo de información desde la detección de la botella hasta la generación del reporte mensual esté perfectamente especificado, facilitando la programación, el mantenimiento futuro y la escalabilidad del sistema sin ambigüedades ni sobrecostos.

El desarrollo del prototipo de identificación y clasificación de botellas en la Escuela “16 de octubre” del cantón Durán permitió integrar de manera eficiente componentes electrónicos, software embebido, visión artificial y un sistema web de gestión, dando como resultado una herramienta funcional y organizada para el apoyo del proceso de reciclaje. La construcción del diseño estructural en 3D, el ensamblaje físico y la configuración electrónica aseguraron la estabilidad y operatividad del sistema, mientras que el modelo de clasificación implementado en Python mediante Tensor Flow, Keras y Open CV garantizó un proceso automático, preciso y adaptable. Paralelamente, la plataforma web desarrollada con MySQL,

Comentado [D10]: Aquí también incluya que se pudo verificar que tipo de botellas y marcas venden en la institución y dar referencia a las herramientas de recolección de datos(referencia)

PHP, JavaScript y Bootstrap facilitó el registro, visualización y análisis de la información, fortaleciendo la gestión del reciclaje mediante reportes claros y actualizados en tiempo real. En conjunto, el cumplimiento de este objetivo demostró la viabilidad técnica y funcional del prototipo, consolidando una solución integral que contribuye a mejorar la clasificación de desechos plásticos dentro de la institución educativa.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda establecer un proceso de revisión continua de los requisitos funcionales y no funcionales, con el fin de asegurar que el prototipo cumpla con la clasificación de botellas plásticas y se mantenga alineado con las necesidades reales de la Escuela “16 de octubre” y con la evolución de sus procesos de reciclaje. De igual manera se recomienda actualizar el glosario de términos, de modo que se incorporen los nuevos ajustes técnicos que se realicen durante las mejoras, con el propósito de mantener una comunicación clara, coherente y unificada entre los actores que involucran el trabajo.

Por otro lado, también se recomienda fortalecer la documentación técnica del sistema mediante la actualización de los modelos UML utilizados en el prototipo, así mismo, se sugiere que de manera paulatina se incorporen otras marcas de botellas plásticas con forme aumente su uso dentro de la institución con el fin de que se puedan clasificar más botellas y el prototipo sea eficiente.

Se recomienda continuar con la mejora y ampliación del prototipo mediante la incorporación de un conjunto de datos más amplio y diverso que permita entrenar modelos de clasificación cada vez más precisos y capaces de reconocer un mayor número de tipos y marcas de botellas. Además, sería conveniente implementar pruebas prolongadas en entornos reales dentro de la institución para identificar posibles fallas, ajustar la sensibilidad del sistema y optimizar la interacción entre los componentes electrónicos y el software. Finalmente, se sugiere fortalecer la integración del sistema web con módulos adicionales, como alertas automáticas para mantenimiento o reportes enviados por correo, con el fin de potenciar la utilidad del sistema y facilitar la toma de decisiones en la gestión del reciclaje escolar.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aldana, A. D. (Abril-Junio de 2022). Contaminación por microplásticos. (F. S. Mora Gallegos, Ed.) *Ciencia*, 73(2), 96.
https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73_2/PDF/Ciencia_73-2.pdf
- Alianza Basura Cero Ecuador. (2022). *Ecuador sigue importando miles de toneladas de desechos plásticos, sobre todo desde EEUU*. Boletín de Prensa. Retrieved 8 de mayo de 2023, from <https://www.uasb.edu.ec/wp-content/uploads/2022/04/Informe-Desechos-plasticos-Alianza-Basura-Cero-Ecuador-2022.pdf>
- Andreoli, S., Batista, A., Fucksman, B., Gladkoff, L., Martinez, K., & Perillo, L. (Agosto de 2022). Inteligencia artificial y educación. Un marco para el análisis y la creación de experiencias en el nivel superior . *Centro de innovación en tecnología y pedagogía (Citep)*. http://citep.rec.uba.ar/wp-content/uploads/2022/08/SARt_IA-y-educación_-Un-marco-para-el-análisis-y-la-creación-de-experiencias-en-el-nivel-superior.pdf
- Asamblea Nacional República del Ecuador. (21 de Diciembre de 2021). *Registro Oficial Órgano de la República del Ecuador*. TERCER SUPLEMENTO NO. 354: https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/suplementos/item/download/13312_750567ee67423eb354dc562bf5f97b66
- Bueno, F. (2019). *Redes Neuronales: Entrenamiento y Comportamiento*. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/64564/1/BUENOPASCUALFERNANDO.pdf>
- Cabellos, R. L., Chapilliquen, N. D., Jaramillo, C. D., Mau, N. B., & Sánchez, H. L. (2022). *Pirhua*. Retrieved 23 de mayo de 2023, from <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/8f21144c-5173-477e-bb83-e5a6785f7258/content>
- Calderón, C., & Tabares, J. (2022). Retrieved 24 de mayo de 2023, from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24007/1/UPS-GT004149.pdf>
- Calderón, V. C., & Tabares, R. J. (2022). Retrieved 24 de mayo de 2023, from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24007/1/UPS-GT004149.pdf>

- Cárdenas, G. J., Barrientos, M. E., & Molina, S. L. (Enero - Junio de 2022). Arquitectura de Software para el desarrollo de herramienta tecnológica de costos, presupuestos y programación de obra. *I+D Revista de Investigaciones*, 17(1), 89-100. <https://doi.org/https://doi.org/10.33304/revinv.v17n1-2022007>
- Carrión, R., Nriega, A., & Del Castillo, D. (2019). Usando XAMPP con Bootstrap y WordPress. Rama Solutions. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=pP-uDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=servidor+xampp&ots=LnEX3eDoYs&sig=3D4tecMAIkpe8B2drtQpLo6gaHY&redir_esc=y#v=onepage&q=servidor%20xampp&f=false
- Cobo, A., Gómez, P., Pérez, D., & Rocha, R. (2005). PHP y MySQL Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones web. Díaz de Sanos. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=zMK3GOMOpQ4C&oi=fnd&pg=PR17&dq=mysql&ots=FilsZ6Dgok&sig=vWSVekuTYWpJDA0XUJgTtTbZJ7M&redir_esc=y#v=onepage&q=mysql&f=false
- Del Pozo Barrezueta, H. (2016, diciembre 09). *Lexis Finder, Ecuador en cifras*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/LOTAIP/2017/DIJU/marzo/LA2_MAR_DIJU_CODIGOINGENIOS.pdf
- Developers. (2023). *Developers. Android*. <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>
- Escudero, V. J. (20 de 7 de 2024). La importancia del reciclaje en la educación primaria. *Revista internacional Interdisciplinaria de Divulgación Científica*, 2(1), 111,121. <https://riidici.com/index.php/home/article/view/31/29>
- Fernández, Y. (2022). Retrieved 28 de mayo de 2023, from <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- Gastellou, E. (2020). *Ac Max Solución Estratégica*. Retrieved 31 de mayo de 2023, from <https://acmax.mx/que-es-una-fuente-de-poder#:~:text=Las%20fuentes%20de%20poder%20o,correcto%20funcionamiento%20de%20nuestros%20dispositivos>.

- Gobierno Electrónico del Ecuador. (2008). *www.gobiernoelectronico.gob.ec*.
www.gobiernoelectronico.gob.ec:
<https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/software-libre-y-software-publico-2/>
- González, D. R. (2014). Python para todos.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/112294731/308748217_Python_para_todos-libre.pdf?1710112605=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPython_para_todos.pdf&Expires=1762318526&Signature=Cun8k92dmjUi~4koN9SsphSaS3OvHbfhtfwvO3IqU151tVLj2AUMMqJo
- Guevara, A. G., Verdesoto, A. A., & Castro, M. N. (01 de julio de 2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163 - 173.
[https://doi.org/https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Hardware Libre. (s.f.). *Hardware Libre*. Retrieved 30 de mayo de 2023, from <https://www.hwlibre.com/cable-jumper/>
- Huairé, I. E. (2019). <https://n2t.net/ark:/13683/pY8w/w8Y>
- INEC . (Noviembre de 2020). *INEC*. Información ambiental en hogares:
https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares%202019/MOD_AMB_HOGAR_ESPND_2019_11.pdf
- Legislación Nacional - Ecuador. (2013). *www.propiedadintelectual.gob.ec*.
www.propiedadintelectual.gob.ec:
https://www.propiedadintelectual.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/08/reglamento_ley_propiedad_intelectual.pdf
- Leun, J., & Shek, D. (2018). Métodos de investigación cuantitativa. *En La enciclopedia SAGE de investigación, medición y evaluación educativa*, 4, 1349-1352. <https://doi.org/https://doi.org/10.4135/9781506326139.n562>
- Loaiza, A. B. (2023). [http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/12206/1/Loaiza.%20B%20%282023%29%20Sistema%20de%20clasificaci%C3%B3n%20de%20botellas%20mediante%20el%20reconocimiento%20de%20im%C3%A1genes%20par a%20el%20tratamiento%20de%20basura%20%281%29.pdf](http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/12206/1/Loaiza.%20B%20%282023%29%20Sistema%20de%20clasificaci%C3%B3n%20de%20botellas%20mediante%20el%20reconocimiento%20de%20im%C3%A1genes%20para%20el%20tratamiento%20de%20basura%20%281%29.pdf)

- Loor, F. (2022). *EL VALOR DE LA MARCA Y SU RELACIÓN CON EL COMPORTAMIENTO DE CONSUMO EN EL MERCADO DE AGUA EMBOTELLADA EN LA PARROQUIA FEBRES CORDERO - CIUDAD DE GUAYAQUIL*. Guayaquil.
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/66579/1/El%20valor%20de%20la%20marca%20y%20su%20relaci%20n%20con%20el%20comportamiento%20de%20consumo%20en%20el%20mercado%20de%20agua%20embotellada.pdf>
- López, A. J., Pomaquero, Y. J., & López, S. J. (24 de Diciembre de 2020). Análisis de la contaminación ambiental por plásticos en la ciudad de Riobamba. *Polo del conocimiento*, 5(12), 725-742. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i12.2139>
- Martel, J. E., Begazo, d. B., Sánchez, S. S., & Sánchez, C. M. (15 de 06 de 2022). Gestión de residuos sólidos y la cultura ambiental en el distrito de Ate, 2022. *TecnoHumanismo*, 2(6), 89-110. <https://doi.org/https://doi.org/10.53673/th.v2i6.140>
- MCI Electronics. (2019). Retrieved 28 de mayo de 2023, from <https://mcielectronics.cl/shop/product/arduino-mega-2560-r3-arduino-10231/>
- Megatrónica. (2023). Retrieved 31 de mayo de 2023, from <https://megatronica.cc/producto/esp8266-modulo-wifi-bluetooth-node-mcu/>
- Monday.com. (2023). *Monday.com*. <https://support.monday.com/hc/es/articles/115005310945--Qu%C3%A9-es-monday-com->
- Orós, C. J. (2010). XHTML, JavaScript y CSS. Ra-Ma. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=aaa6EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=javascript&ots=dqtFw84is9&sig=A4PCpFVnqq6FxFj-JSqqR732cIl&redir_esc=y#v=onepage&q=javascript&f=false
- Pérez, T. I. (2023). Arduino IDE. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria* No. 4, 4(11), 30-32. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/view/10474/10019>

- Pini, A. (2021). *Digi Key*. Retrieved 1 de junio de 2023, from <https://www.digikey.com/es/articles/the-fundamentals-of-proximity-sensors-selection-and-use-industrial-automation>
- Quintero, O., & Alexandra, G. (2021). Enfoques y Metodos de Investigacion. En N. Alfonzo, I. Arismendi, F. Cabeza, D. Carmona, J. Castillo, M. Castro, Y. Duarte, A. Garcia, A. Gonzalez, J. Guanipa, M. William, G. Parra, P. Clary, M. Perez, O. Quintero, Y. Vadez, C. Villegas, & C. Zambrano. Fondo Editorial de la Universidad Bicentenario de Aragua (FEUBA). El análisis y la síntesis como procesos: <https://uba.edu.ve/wp-content/uploads/2022/03/7.-ENSAYO-DE-INVESTIGACI%C3%93N-2017.pdf>
- Román, R. (14 de 8 de 2025). *Instituto para el Futuro de la Educación Tecnológico de Monterrey*. <https://observatorio.tec.mx/como-crear-modelos-de-ia-educativos-con-teachable-machine/>
- Salas, R. R. (09 de 04 de 2021). Impacto del aula invertida en el proceso de enseñanza-aprendizaje sobre los mapas de Karnaugh. *Revista Electrónica Educare*, 25(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.15359/ree.25-2.14>
- Sánchez, D., & Gereá, C. (21 de 10 de 2025). *FREED*. <https://freed.tools/blogs/ux-cx/prototipo#metodologia-de-prototipo-o-prototipado>
- Seas. (2019). Retrieved 31 de mayo de 2023, from Centro de Formación online del Grupo San Valero: <https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/>
- Secoin. (2020). Retrieved 30 de mayo de 2023, from <https://www.secoin.com.uy/blog/servomotores-un-breve-repaso-por-su-historia>
- Singh, P. Y. (2019). Internet of Things and NodeMCU. *Journal of emerging technologies and innovative research*, 6(6), 1085-1088. https://www.researchgate.net/profile/Yogendra-Singh-Parihar/publication/337656615_Internet_of_Things_and_Nodemcu_A_review_of_use_of_Nodemcu_ESP8266_in_IoT_products/links/5e29767b4585150ee77b868a/Internet-of-Things-and-Nodemcu-A-review-of-use-of-Nodemcu-ES

- Selector. (2021). Retrieved 31 de mayo de 2023, from <https://solectroshop.com/es/blog/como-funciona-el-sensor-de-ultrasonidos-medidor-de-distancia--n99>
- Tinoco, A. A. (2021). *PLAN DE MARKETING PARA LA MICROEMPRESA FAMILIAR SUNETSA S.A.* <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/16855/1/T-UCSG-POS-MAE-358.pdf>
- Torres, G. M. (2019). Educación para la paz y formación profesional: aproximación desde la investigación documental. *Maestro, didáctica y formación*, 10(22), 143-167. <https://doi.org/https://doi.org/10.19053/22160159.v10.n22.2019.7424>
- Urgilez, J. M. (2022). Retrieved 24 de mayo de 2023, from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15690/1/20T01499.pdf>
- Vázquez, M. M., Hernández, C. A., Jesús, M. J., Gómez, Z. J., & Garrido, V. J. (2024). Arduino uno R3: Una innovación con grandes beneficios para la automatización. *INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO REVISTA DIGITAL*, 16(3). https://iydt.wordpress.com/wp-content/uploads/2024/06/3_09_arduino-uno-r3-una-innovacion-con-grandes-beneficios-para-la-automatizacion.pdf
- Voltione. (2021). *Voltione*. <https://voltione.com/pages/que-es-rele>
- Wang, Q., Chen, J., He, Z., Han, F., & Liu, J. (2024). An Infrared Obstacle Avoidance Car Based on STM32. *Academic Journal of Science and Technology*, 10(1), 146-148. <https://doi.org/https://doi.org/10.54097/vg434579>

8. ANEXOS

61

Anexo 1: Tablas de Recursos

Tabla 1.
Presupuesto de Recursos humanos

Ítems	Recurso	Meses	Costo unitario (\$)	Costo Total (\$)
1	Desarrollador 1	9	\$650,00	\$5.850,00
2	Desarrollador 2	9	\$650,00	\$5.850,00
3	Guía de planificación del proyecto/tutor	9	\$0,00	\$0,00
Costo totales recursos humanos				\$11.700,00

Especificaciones de recursos humanos.
Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 2.
Detalles de recursos hardware

Ítems	Materiales	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
1	Servomotor 9g	2	\$ 3,50	\$ 7,00
2	Arduino uno R3	2	\$ 15,00	\$ 30,00
3	Rele	1	\$ 5,00	\$ 5,00
4	Ultrasonido	1	\$ 2,50	\$ 2,50
5	Sensor infrarrojo LM393	1	\$ 3,00	\$ 3,00
6	Cámara Web Logitech C270 HD	1	\$ 126,08	\$ 126,08
7	Jumpers Macho - Hembra 40x20	1	\$ 2,50	\$ 2,50
8	Cable UTP Cat 6 Exterior Metro	3	\$ 1,08	\$ 3,24
9	Cable eléctrico 16W dúplex Metro	3	\$ 0,83	\$ 2,49
10	Computador Lenovo Ideapad 3	1	\$ 467,00	\$ 467,00
Costos totales recursos de hardware			\$	648,81

Presupuesto estimado en componentes de hardware
Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 3.
Detalles de recursos software

Ítems	Materiales	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
1	Teachable Machine	-	-
2	Arduino IDE	-	-
3	MySQL	-	-
4	XAMPP	-	-
Total, de costos de recursos de software			\$0,00

Presupuesto estimado en recursos de software
Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 4.
Detalles de recursos varios

Ítems	Materiales	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
1	Bisagra	2	\$ 1,38	\$ 2,76
2	Tornillo 3/8 para madera	38	\$ 0,06	\$ 2,28
3	Espuma fon 80x30	1	\$ 1,60	\$ 1,60
4	Espuma fon 25x25	2	\$ 0,45	\$ 0,90
5	Picaporte	1	\$ 1,08	\$ 1,08
6	Tabla de balsa 5x8x600mm	6	\$ 6,80	\$ 40,80
7	Contrachapado 27.8x40cm	2	\$ 1,76	\$ 3,52
8	Contrachapado 50x40cm	4	\$ 2,69	\$ 10,76
9	Listones de madera 40x40x200cm	4	\$ 4,54	\$ 18,16
10	Foco 6w	1	\$ 1,17	\$ 1,17
11	Tapa ciega rectangular	2	\$ 0,43	\$ 0,86
12	Cajetín rectangular	2	\$ 0,66	\$ 1,32

Ítems	Materiales	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
13	Caja de paso rectangular	1	\$ 8,33	\$ 8,33
14	Boquilla	1	\$ 0,53	\$ 0,53
15	Canaleta	1	\$ 0,85	\$ 0,85
16	Enchufe	1	\$ 2,97	\$ 2,97
Costos totales recursos de hardware			\$ 96,80	

Presupuesto estimado en recursos varios
Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 5.
Detalles del presupuesto total del proyecto

Ítem	Recurso	Valor Total
1	Costo totales recursos humanos	\$11.700,00
2	Costos totales de los recursos de hardware	\$ 648,81
3	Total, de costos de recursos de software	\$0
4	Total, de recursos varios	\$96,80
Total, en dólares del proyecto		\$12.445,61

Presupuesto total del proyecto
Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Anexo 2: Instrumentos de recolección de información**Tabla 6.****Formato ficha de Observación orientada al proceso de reciclaje en la institución educativa**

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
FICHA DE OBSERVACIÓN

Objetivo: Obtener la información necesaria que sirva de ayuda para el desarrollo del prototipo para la identificación y clasificación de desechos sólidos para la gestión de reciclaje.

No.	Actividad o Proceso	Existe	No Existe	Observación
1	Se tiene un proceso para la recolección de las botellas que se genera a diario.			
2	Se tiene un proceso de clasificación de botellas plásticas			
3	Se tiene personal encargado del proceso de clasificación.			
4	Se tiene algún control sobre la recolección de basura generada a diario.			
5	Se tiene un programa de actividades para recolectar botellas			
6	Se tiene algún incentivo o recompensa para fomentar el reciclaje			
7	Hay algún tipo de regulación o normativa que deba ser cumplida en cuanto al manejo de las botellas plásticas			
8	Existe un reporte sobre la cantidad de botellas plásticas generados en la institución			

Elaboración del modelo de la ficha de observación que se utilizará para identificar el proceso de reciclaje.

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 7.

Modelo de entrevista dirigido a la rectora de la institución educativa

**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
ENTREVISTA**

Entrevistado:**Entrevistadores:**

Objetivo: Obtener la información necesaria que sirva de ayuda para el desarrollo del prototipo para la identificación y clasificación de desechos sólidos para la gestión de reciclaje

-
- 1 ¿Cuáles son las marcas de bebidas que se consumen con mayor frecuencia dentro de la institución?
 - 2 ¿Cuáles son las características más relevantes que toman en cuenta para llevar a cabo la recolección de botellas plásticas?
 - 3 ¿Cómo realizan el conteo de botellas plásticas reciclables?
 - 4 ¿Con qué frecuencia se realiza el proceso de clasificación de botellas plásticas?
 - 5 ¿Cuál es actor principal encargado de la verificación de llenado de los botes recolectores y almacenamiento de botellas plásticas?
 - 6 ¿Cuál es la cantidad aproximada de botellas recolectadas diariamente en su institución?
 - 7 ¿Cuáles son los criterios que lleva a cabo para la clasificación de botellas plásticas?
 - 8 ¿Existe algún tipo de incentivo o recompensa para fomentar el reciclaje?
 - 9 ¿Ha conocido una mejor opción parecida a la propuesta planteada para la gestión de reciclaje en su institución educativa?
-

Elaboración del modelo de la entrevista.

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Anexo 3: Resultados de los instrumentos de recolección de información**Tabla 8.****Resultados de la ficha de observación**

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
FICHA DE OBSERVACIÓN

Objetivo: Obtener la información necesaria que sirva de ayuda para el desarrollo del prototipo para la identificación y clasificación de desechos sólidos para la gestión de reciclaje.

No.	Actividad o Proceso	Existe	No Existe	Observación
1	Se tiene un proceso para la recolección de las botellas que se genera a diario.	X		Se recolectan botellas plásticas
2	Se tiene un proceso de clasificación de botellas plásticas	X		Existe un proceso de manera manual
3	Se tiene personal encargado del proceso de clasificación.		X	Ayuda toda la comunidad estudiantil
4	Se tiene algún control sobre la recolección de basura generada a diario.		X	No existe control
5	Se tiene un programa de actividades para recolectar botellas	X		Existe un proyecto
6	Se tiene algún incentivo o recompensa para fomentar el reciclaje	X		Generar Ingresos para mejora institucional
7	Hay algún tipo de regulación o normativa que deba ser cumplida en cuanto al manejo de las botellas plásticas		X	No existen normas
8	Existe un reporte sobre la cantidad de botellas plásticas generados en la institución		X	No se realiza ningún tipo de documentación

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Análisis: De acuerdo con las observaciones determinadas por la presente ficha se logra comprobar que la institución realiza la recolección de botellas plásticas y el proceso es llevado de forma manual, sin un personal que sea encargado netamente a esta actividad por lo que existen fallos en la recolección.

Tabla 9.
Resultados de la entrevista



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
ENTREVISTA

Entrevistado: MSc. Luisa Fernanda Prieto

Entrevistadores: Mero Bartolomé Marlon Marcelo y Villamarin Sánchez Darwin Vicente

Objetivo: Obtener la información necesaria que sirva de ayuda para el desarrollo del prototipo para la identificación y clasificación de desechos sólidos para la gestión de reciclaje

N.º	Preguntas	Respuestas	Análisis
1	¿Cuáles son las marcas de bebidas que se consumen con mayor frecuencia dentro de la institución?	En la institución educativa la marca de bebidas con mayor consumo son agua dassani, Kola gallito y coca cola, ya que estas son vendidas en el bar.	A pesar de que existan múltiples marcas en el mercado, la institución se centra en la venta de agua dassani, Kola gallito y coca cola, ya que esta su costo no es excesivo.
2	¿Cuáles son las características más relevantes que toman en cuenta para llevar a cabo la recolección de botellas plásticas?	Las características que se toman en cuenta al momento de clasificar las botellas plásticas es la transparencia de esta, ya que son las que mayor aceptación se tienen en centro reciclador, y que el	Estas deben cubrir los criterios de transparencia y tamaño en vista de la aceptación por parte de los recicladores así mismo estas deben estar vacías para evitar molestias al momento de ser almacenadas.



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
ENTREVISTA

Entrevistado: MSc. Luisa Fernanda Prieto

Entrevistadores: Mero Bartolomé Marlon Marcelo y Villamarin Sánchez Darwin Vicente

Objetivo: Obtener la información necesaria que sirva de ayuda para el desarrollo del prototipo para la identificación y clasificación de desechos sólidos para la gestión de reciclaje

	tamaño puede variar	
3	¿Cómo realizan el conteo de botellas plásticas reciclables?	El conteo lo realiza la comisión de padres de familia en conjunto con el personal de limpieza de forma manual.
4	¿Con que frecuencia se realiza el proceso de clasificación de botellas plásticas?	Este proceso es llevado a cabo cada viernes, es decir una vez por semana.
5	¿Cuál es actor principal encargado de la verificación de llenado de los botes recolectores y almacenamiento de botellas plásticas?	Este programa es llevado a cabo en conjunto con el personal de limpieza de la institución y los miembros del consejo directivo de padres de familia
6	¿Cuál es la cantidad aproximada de botellas recolectadas diariamente en su institución?	La cantidad aproximada de recolección es de cincuenta a setenta botellas diarias.
7	¿Cuáles son los criterios que lleva a cabo para la clasificación de botellas plásticas?	Que sean botellas transparentes de cualquier tipo de bebida, estas no deben tener ningún



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
ENTREVISTA

Entrevistado: MSc. Luisa Fernanda Prieto

Entrevistadores: Mero Bartolomé Marlon Marcelo y Villamarin Sánchez Darwin Vicente

Objetivo: Obtener la información necesaria que sirva de ayuda para el desarrollo del prototipo para la identificación y clasificación de desechos sólidos para la gestión de reciclaje

	<p>liquido por dentro en vista de que estas son almacenadas en un centro de acopio y hacen que exista liquido regado en el suelo creando humedad y malos olores.</p>	
8	<p>¿Existe algún tipo de incentivo o recompensa para fomentar el reciclaje?</p>	<p>La institución mantiene un proyecto ambientalista, que consiste en recolectar botellas plásticas de cualquier tipo con el propósito de generar ingresos en beneficio a mejoras infraestructurales, para incentivar a los estudiantes a involucrarse en este proyecto se lo realiza mediante la recompensa semanal del alumno que lleve mayor número de botellas</p>
9	<p>¿Ha conocido una mejor opción parecida a la propuesta planteada para</p>	<p>No, al momento se desconoce</p>



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
ENTREVISTA

Entrevistado: MSc. Luisa Fernanda Prieto

Entrevistadores: Mero Bartolomé Marlon Marcelo y Villamarin Sánchez Darwin Vicente

Objetivo: Obtener la información necesaria que sirva de ayuda para el desarrollo del prototipo para la identificación y clasificación de desechos sólidos para la gestión de reciclaje

la gestión de reciclaje en su institución educativa?	proyectos que se asemejen a la propuesta tecnológica planteada, teniendo como objetivo el cuidado ambiental.
--	--

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Anexo 4: Glosario LEL

Tabla 10.
Términos

Símbolo	Tipo
Comisión de padres	Sujeto
Personal de limpieza	Sujeto
Capturar imagen botella	Verbo
Identificar botella	Verbo
Clasificar botella	Verbo
Registrar botella	Verbo

Símbolo	Tipo
Cámara	Objeto
Algoritmo	Objeto
Servomotor	Objeto
Sensor infrarrojo	Objeto
Sensor de ultrasonido	Objeto

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 11.
Definición de términos 1

Símbolo: Comisión de padres	Tipo: Sujeto
<p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Hombre/mujer. ● Grupo de personas que conforman una directiva. ● Personas humildes, sencillas. <p>Impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Encargados de actividades institucional. ● Gestiona técnica y económicamente los recursos para mejora infraestructural. ● Toma decisiones acerca de la utilización de los recursos disponibles. 	

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 12.
Definición de términos 2

Símbolo: Personal de limpieza	Tipo: Sujeto
<p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Hombre/mujer ● Persona que trabaja en la institución ● Persona humilde, sencilla 	

Símbolo: Personal de limpieza

Tipo: Sujeto

Impacto:

- Efectúa la limpieza de la institución.
 - Encargado de almacenar las botellas recolectadas.
 - Recibe alerta una vez los botes recolectores estén próximos a estar llenos.
-

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 13.***Definición de términos 3***

Símbolo: Capturar imagen de botella	Tipo: Verbo
<p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acción de tomar una imagen de botella ingresada mediante una cámara. <p>Impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La cámara captura la imagen de una botella plástica ingresada al prototipo. • La imagen capturada es usada para el análisis mediante el algoritmo. • La imagen debe ser entendible para el respectivo análisis. 	

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 14.***Definición de términos 4***

Símbolo: Identificar botella	Tipo: Verbo
<p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acción de reconocer una botella plástica siendo estas solo transparentes y máximo hasta las de un litro. <p>Impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El algoritmo identifica si el objeto ingresado es una botella y corresponde a las marcas establecidas (agua dassani, Kola gallito y coca cola). 	

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 15.***Definición de términos 5***

Símbolo: Clasificar botella	Tipo: Verbo
<p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acción de separar una botella plástica de acuerdo con los parámetros de reciclable y no reciclable. 	

Símbolo: Clasificar botella

Tipo: Verbo

Impacto:

- El algoritmo establece si la botella es reciclable o no reciclable.
 - La botella ingresada es clasificada con la ayuda de un servomotor, el cual genera giros de noventa y ciento ochenta grados proporcionando una abertura adecuada para el ingreso del material reciclado.
-

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 16.

Definición de términos 6

Símbolo: Registrar botella

Tipo: Verbo

Noción:

- Almacenar el conteo de botellas plásticas ingresadas.

Impacto:

- Almacenar en la base de datos el conteo de botellas plásticas ingresadas mediante el uso de servomotor.
 - Almacenar en la base de datos el conteo por marcas de agua ingresadas.
-

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 17.

Definición de términos 7

Símbolo: Cámara

Tipo: Objeto

Noción:

- Permite la captura de imagen de una botella plástica ingresada.

Impacto:

- Captura de imagen entendible para posterior análisis y detección del tipo de botella ingresada
-

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 18.
Definición de términos 8

Símbolo: Algoritmo	Tipo: Objeto
<p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conjunto de datos entrenados para detectar las botellas ingresadas. <p>Impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifica botellas plásticas (agua dassani, Kola gallito y coca cola). • Analiza las características de botellas plásticas ingresadas. • Clasificar las botellas plásticas de acuerdo con parámetros establecidos. 	
Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026	

Tabla 19.
Definición de términos 9

Símbolo: Servomotor	Tipo: Objeto
<p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo que permite la apertura de ingreso de botellas plásticas, de acuerdo con el parámetro de análisis en la fase de identificación. <p>Impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Genera giros de noventa y ciento ochenta grados para permitir el ingreso de las botellas de acuerdo con el parámetro identificado (reciclable o no reciclable). • Envía el dato respectivo para llevar a cabo el conteo de botellas plásticas según clasificación. 	
Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026	

Tabla 20.
Definición de términos 10

Símbolo: Sensor infrarrojo	Tipo: Objeto
<p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo que permite detectar la presencia de un objeto en el prototipo clasificador de botellas. <p>Impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detecta la presencia de objetos para activar la cámara y determinar su posterior clasificación. 	

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 21.
Definición de términos 21

Símbolo: Sensor de ultrasonido	Tipo: Objeto
<p>Noción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detector de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detecta objetos a distancias. <p>Impacto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar si el bote recolector de botellas está llegando a su límite de capacidad de llenado. • Envía señales que genera una alerta en sistema web para el respectivo vaciado de los repositorios recicladores. 	

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Anexo 5: Requerimientos funcionales y no funcionales

Tabla 22.

Requerimientos funcionales del sistema

Identificador (ID)	Título de la Funcionalidad	Descripción de la funcionalidad	Prioridad	Acciones iniciadoras y comportamiento esperado	Requerimiento	Estado	Comentarios	Iteraciones	Consideraciones
1	Capturar imagen botella	El sistema debe ser entrenado para que la cámara pueda captar imágenes de botellas plásticas	1	Algoritmo debe ser entrenado con imágenes de distintas botellas plásticas	El sistema de captar imágenes a través de una cámara	Culminado	Se debe hacer recolección de datos de distintas botellas considerando hasta las de un litro.	1	Las imágenes deben ser en formato JPG y cómo deben existir 500 en total
1	Capturar imagen botella	El sistema debe captar la presencia de un objeto para activar cámara	1	Sensor infrarrojo debe indicar que hay un objeto ingresado	El sistema debe captar la presencia de un objeto cuando exista para activar la cámara	En proceso	EL sensor infrarrojo estará ubicado cerca del ingreso de objetos para poder detectar su presencia y activar la cámara	2	

Identificador (ID)	Título de la Funcionalidad	Descripción de la funcionalidad	Prioridad	Acciones iniciadoras y comportamiento esperado	Requerimiento	Estado	Comentarios	Iteraciones	Consideraciones
1	Capturar imagen botella	El sistema debe capturar la imagen del objeto cuando el sensor infrarrojo la detecte.	1	Sensor infrarrojo debe captar un objeto para activar cámara	El sistema activarse para capturar la imagen, a través de una cámara, cuando el sensor infrarrojo detecte un objeto.	Planificado	Se considera el uso de una cámara Logitech C270 HD	3	Se trabaja con algoritmo redes neuronales convolucionales con la herramienta Teachable Machine
2	Identificar botella	El sistema debe indicar que el objeto ingresado es una botella	1	El algoritmo debe identificar las botellas registradas en el entrenamiento (agua dassani, Kola gallito y coca cola).	El sistema debe permitir el ingreso para objetos que cumplan con las características establecidas	Planificado	Se considera botella todo objeto alargado que sea transparente.	5	

Identificador (ID)	Título de la Funcionalidad	Descripción de la funcionalidad	Prioridad	Acciones iniciadoras y comportamiento esperado	Requerimiento	Estado	Comentarios	Iteraciones	Consideraciones
2	Identificar botella	El sistema debe generar alertas visuales de aceptación o rechazo de acuerdo con el objeto reconocido y este no pueda ser clasificada con alta confianza.	1	Si la botella es aceptada cae en el reservorio, caso contrario debe ser devuelta.	El sistema debe mostrar si el objeto ingresado es aceptado o no por el sistema	Planificado	Se considera una apertura para que se pueda retirar la botella	6	
2	Clasificar botella	El Sistema debe permitir el ingreso de la botella reconocida mediante una apertura realizada por el servomotor	1	Servomotor debe activarse para poder dar giros para la apertura de ingreso de botellas plásticas	El sistema debe tener una apertura que permita el ingreso de botellas plásticas	Planificado		7	

Identificador (ID)	Título de la Funcionalidad	Descripción de la funcionalidad	Prioridad	Acciones iniciadoras y comportamiento esperado	Requerimiento	Estado	Comentarios	Iteraciones	Consideraciones
3	Clasificar botella	El sistema debe realizar la apertura de una compuerta para el ingreso de la botella reconocida	1	La apertura se realiza con ayuda de un servomotor, realizando la acción de giros de 180 y 90 grados	El sistema debe dar un giro de 90 grados hacia la derecha para permitir el ingreso de botellas como reciclable, así mismo debe dar un giro de 180 grados hacia la izquierda para permitir ingreso como no reciclable	Planificado	Se considera que el sistema tenga una apertura	8	

Identificador (ID)	Título de la Funcionalidad	Descripción de la funcionalidad	Prioridad	Acciones iniciadoras y comportamiento esperado	Requerimiento	Estado	Comentarios	Iteraciones	Consideraciones
3	Clasificar botella	El sistema debe llevar un conteo de las botellas ingresadas por categorías	1	El conteo de botellas se debe realizar al momento que el servomotor de giros hacia izquierda o derecha.	El sistema debe permitir una apertura de acuerdo con el análisis de datos realizado	Planificado	Se considera el uso de un servomotor de 6.8V, resistente al agua, con capacidad de soporte de hasta 20 kg.	9	
4	Registrar botella	El sistema debe detectar si el bote reciclador se encuentra lleno	1	El sensor ultrasónico debe indicar si un bote reciclador está llegando a su capacidad de llenado	El sistema debe de enviar una notificación al sistema indicando que se debe vaciar repositorio reciclador	Planificado	La detección se realizará mediante un sensor de ultrasonido	10	Las categorías de botellas plásticas a implementar son reciclables y no reciclables

Identificador (ID)	Título de la Funcionalidad	Descripción de la funcionalidad	Prioridad	Acciones iniciadoras y comportamiento esperado	Requerimiento	Estado	Comentarios	Iteraciones	Consideraciones
4	Registrar botella	El sistema debe registrar y contar las botellas ingresadas	1	El conteo se debe registrar en el sistema web	El sistema debe registrar en una base de datos cada botella ingresada	Planificado		12	
4	Registrar botella	El sistema debe registrar el conteo de botellas ingresadas	1	El sistema debe ir registrando en una base de datos el valor de conteo de botellas plásticas	Debe generar informes y estadísticas como la cantidad de botellas clasificadas.	Planificado	El registro debe considerar la fecha y la hora de ingreso	13	

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 23.

Requerimientos no funcionales del sistema

Identificador (ID)	Título de la Funcionalidad	Descripción de la funcionalidad	Prioridad	Acciones iniciadoras y comportamiento esperado	Requerimiento	Estado	Comentario	Iteraciones	Consideraciones
1	Clasificar botella	El sistema debe tener una latencia de clasificación (tiempo entre la captura de una imagen y la clasificación) inferior a 500 milisegundos.	1	El sistema no debe demorar más de 40 segundos en realizar los procesos establecidos	El sistema debe generar una acción inmediata desde el momento que existe la puesta de un objeto en el sensor de peso	Planificado		14	
1	Clasificar botella	El sistema debe tener una precisión de clasificación superior al 95%.	1	El algoritmo debe identificar con eficacia las características del objeto ingresado.	El sistema debe clasificar las botellas de plástico las características de forma.	Planificado	El algoritmo debe contener como mínimo 600 imágenes de botellas plásticas.	15	

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Anexo 6: Historia de usuario

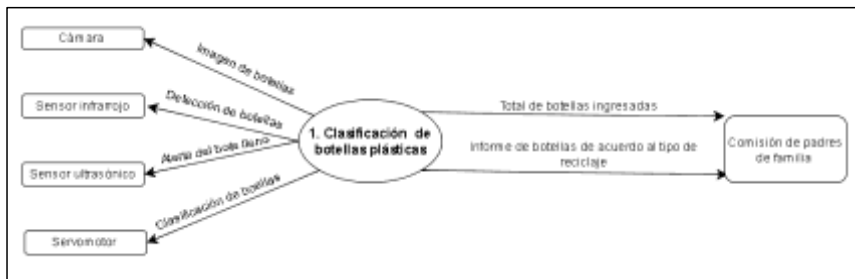
Tabla 24.
Historia de Usuario

N°	Usuarios: Rectora, personal de limpieza y comité de padres de familia
1	Quiero clasificar las botellas platicas.
2	Quiero saber cuándo el bote de basura este lleno.
3	Quiero tener un total de botellas ingresadas en el bote.
4	Quero obtener el número de botellas ingresadas.
5	Quiero un informe de botellas de acuerdo con el reciclaje.

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

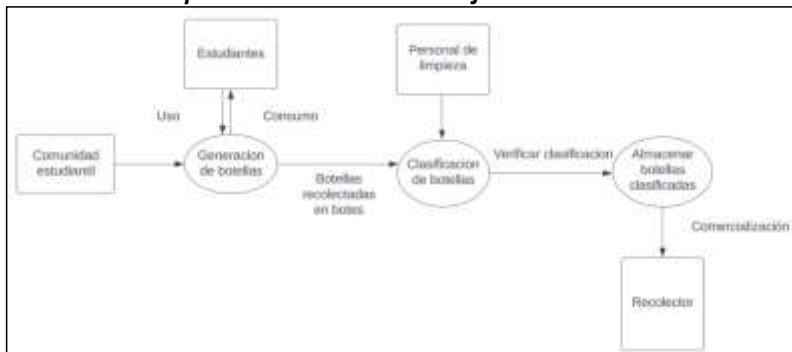
Anexo 7: Diagrama de contexto y DFD

Figura 1.
Diagrama de contexto



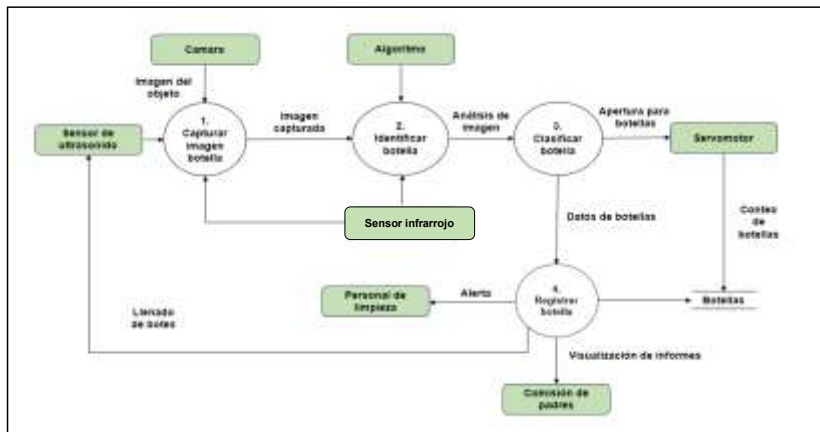
Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Figura 2.
DFD nivel 0 del proceso actual de reciclaje en la institución



Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

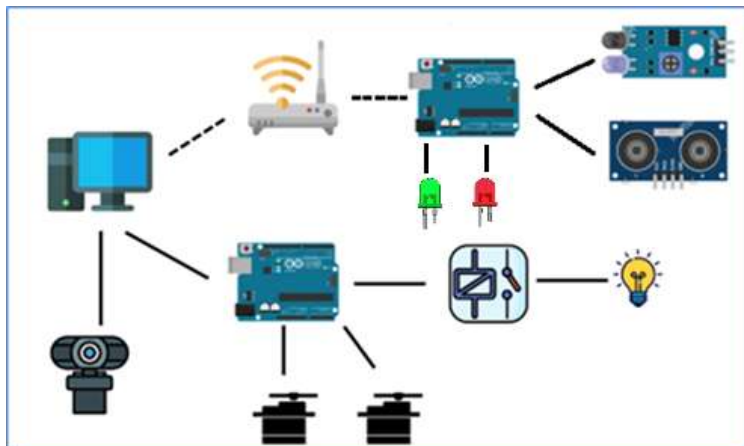
Figura 3
DFD nivel 1 del prototipo de identificación y clasificación de botellas



Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

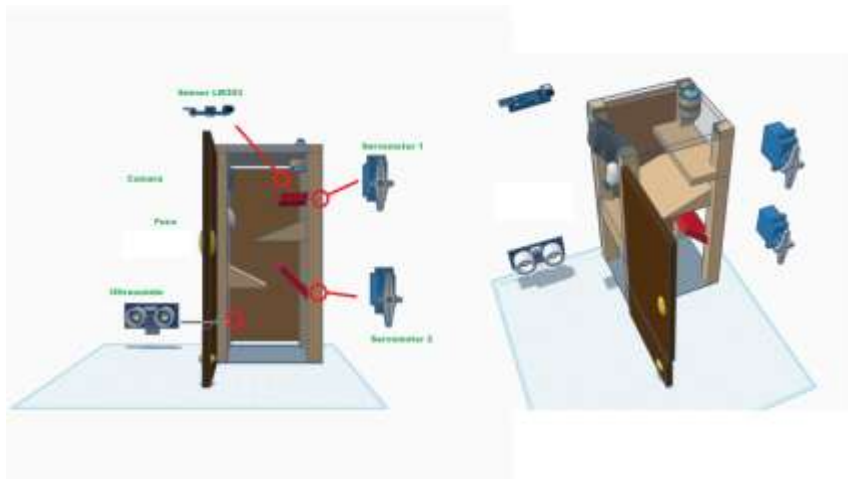
Anexo 8: Esquema de conexión y arquitectura del prototipo

Figura 4.
Esquema de conexión



Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

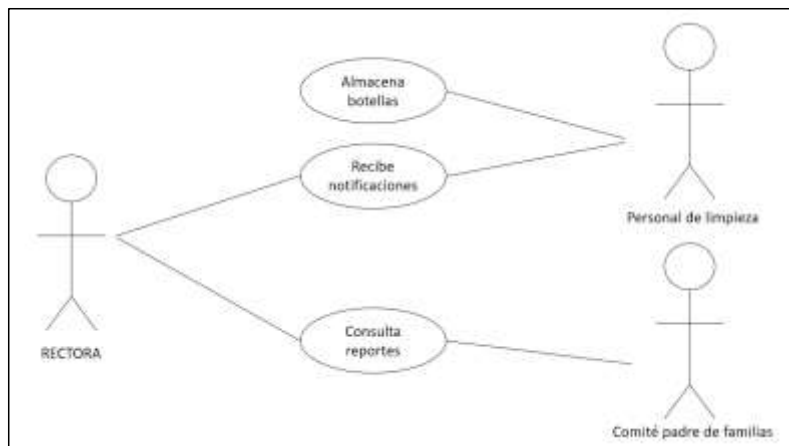
Figura 5.
Arquitectura del prototipo



Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

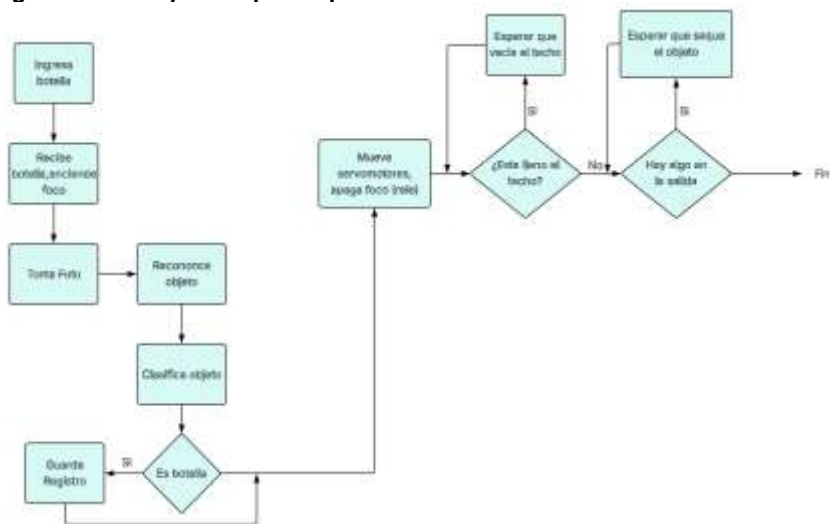
Anexo 9: Diagrama de caso de uso y de bloque

Figura 6.
Diagrama de caso de uso



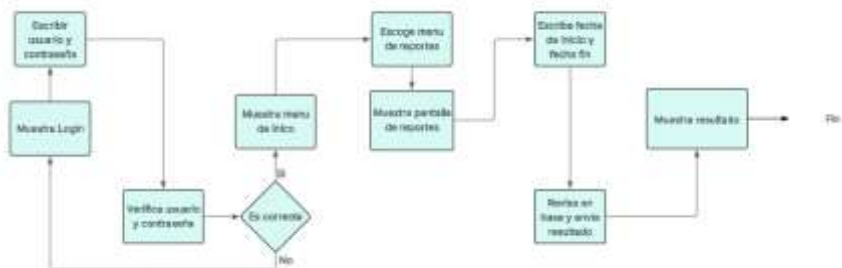
Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Figura 7.
Diagrama de bloque del prototipo



Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Figura 8.
Diagrama de bloque del sistema

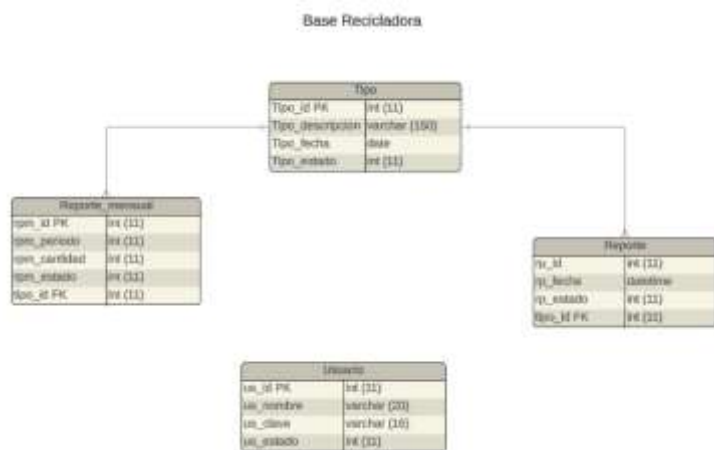


Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Anexo 10: Base de datos y diccionario

Figura 9.

Base de datos del prototipo



Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 25.
Diccionario de datos de la tabla usuario

Diccionario de datos					
Escuela:	16 de octubre	Sistema:	Recicladora		
Nombre:	Usuario	Fecha:	10/11/2025		
Nº. Filas:	4	Bytes/Fila:			
Descripción:	Contiene a los datos de los usuarios				
Nº.	Tipo	Campo	Descripción	Formato	Reglas de Validación
1	P	us_id	Identificador único de la tabla	N	Debe existir el id del usuario
2	E	us_nombre	Nombre del usuario	A (20)	Debe existir el nombre del usuario
3	E	us_clave	Clave de ingreso	X (16)	Debe existir la clave del usuario
4	E	us_estado	Estado del usuario	N	Debe existir el estado del usuario
Tipo:		Formato:			
P: Clave Primaria		A: Alfabético		F: Fecha	
F: Clave Foránea		N: Numérico		L: lógico	
E: Elemento de Dato		X: Alfanumérico		H: Hora	

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 26.
Diccionario de datos de la tabla

Diccionario de datos					
Escuela:	16 de octubre	Sistema:	Recicladora		
Nombre:	Tipo	Fecha:	10/11/2025		
Nº. Filas:	4	Bytes/Fila:			
Descripción:	Contiene a los datos de los usuarios				
Nº.	Tipo	Campo	Descripción	Formato	Reglas de Validación
1	P	tipo_id	Identificador único de la tabla	N	Debe existir el id del tipo
2	E	tipo_descripcion	Descripción del objeto	A (20)	Debe existir una descripción del objeto
3	E	tipo_fecha	Fecha en que fue ingresado	F	Debe existir la fecha del tipo
4	E	tipo_estado	Estado del tipo	N	Debe existir el estado del tipo
Tipo:		Formato:			
P: Clave Primaria		A: Alfabético		F: Fecha	
F: Clave Foránea		N: Numérico		L: lógico	
E: Elemento de Dato		X: Alfanumérico		H: Hora	

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 27.
Diccionario de datos de la tabla

Diccionario de datos					
Escuela:	16 de octubre	Sistema:	Recicladora		
Nombre:	Reporte Mensual	Fecha:	10/11/2025		
N°. Filas:	5	Bytes/Fila:			
Descripción:	Contiene a los datos de los usuarios				
N°.	Tipo	Campo	Descripción	Formato	Reglas de Validación
1	P	rpm_id	Identificador único del reporte mensual	N	Debe existir el id del reporte mensual
2	E	rpm_descripcion	Descripción del reporte mensual	A (20)	Debe existir una descripción del reporte mensual
3	E	rpm_fecha	Fecha del reporte mensual	F	Debe existir la fecha del reporte mensual
4	E	rpm_estado	Estado del reporte mensual	N	Debe existir el estado del reporte mensual
5	F	tipo_id	Identificador único de la tabla	N	Debe existir el id del tipo
Tipo:		Formato:			
P: Clave Primaria		A: Alfabético		F: Fecha	
F: Clave Foránea		N: Numérico		L: Lógico	
E: Elemento de Dato		X: Alfanumérico		H: Hora	

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 28.
Diccionario de datos de la tabla

Diccionario de datos					
Escuela:	16 de octubre	Sistema:	Recicladora		
Nombre:	Reporte	Fecha:	10/11/2025		
Nº. Filas:	4	Bytes/Fila:			
Descripción:	Contiene a los datos de los usuarios				
Nº.	Tipo	Campo	Descripción	Formato	Reglas de Validación
1	P	rpm_id	Identificador único del reporte	N	Debe existir el id del reporte
2	E	rpm_fecha	Fecha del reporte	F	Debe existir la fecha del reporte
3	E	rpm_estado	Estado del reporte	N	Debe existir el estado del reporte
4	F	tipo_id	Identificador único de la tabla	N	Debe existir el id del tipo
Tipo:		Formato:			
P: Clave Primaria		A: Alfabético		F: Fecha	
F: Clave Foránea		N: Numérico		L: Lógico	
E: Elemento de Dato		X: Alfanumérico		H: Hora	

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Anexo 11: Construcción del prototipo y entrenamiento del algoritmo

Figura 10.

Construcción del prototipo



Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Figura 11.

Construcción del prototipo



Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Figura 12.
Entrenamiento del algoritmo con objetos



Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

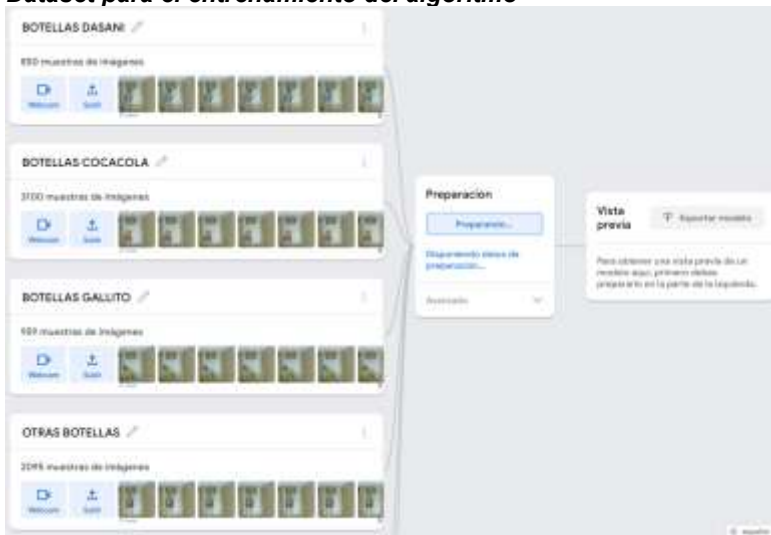
Figura 13.
Entrenamiento del algoritmo



Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

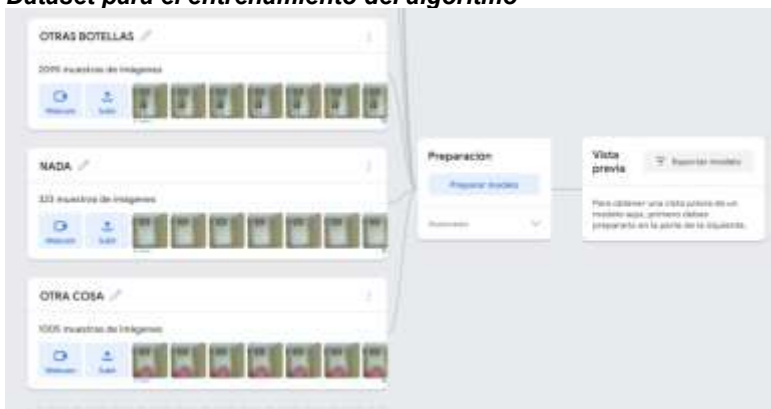
Anexo 12: Dataset del algoritmo

Figura 14.
Dataset para el entrenamiento del algoritmo



Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Figura 15.
Dataset para el entrenamiento del algoritmo



Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Figura 16.
Arduino UNO con actuadores



Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Figura 17.
Arduino UNO con sensores



Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Anexo 13: Pruebas de la aplicación

Tabla 29
Prueba de caja negra de reportes por fecha

Detalle	Interacciones
Nombre:	CN-01
Precondición	El usuario debe haber previamente iniciado sesión en la página web.
Descripción	Necesito visualizar el reporte de clasificación, para evaluar la cantidad de botellas recicladas.
Acción	Iniciar sesión. Escoger un rango de fechas con inicio y fin Buscar
Excepciones	Si no existen los datos de peso no se mostrará nada.
Validación	Valida que la información ingresada, este de acorde a los parámetros del sistema.
Resultados	Correcto

Nota. Detalle de prueba de caja negra de reportes por fecha.

Elaborado por: Mero y Villamarín, 2026

Tabla 30
Prueba de caja negra de registro de usuarios

Detalle	Interacciones
Nombre:	CN-02
Precondición	El usuario debe haber previamente iniciado sesión en la página web.
Descripción	Necesito registrar nuevos usuarios para que visualicen los reportes del reciclaje.
Acción	Iniciar sesión. Acceder al módulo usuario. Ingresar los datos del usuario. Ingresar los datos.
Excepciones	-
Validación	Valida que el usuario no este duplicado
Resultados	Correcto

Nota. Detalle de prueba de caja negra de registro de usuarios

Elaborado por: Mero y Villamarín, 2026

Tabla 31

Detalle de los casos de prueba de integración

Número del Caso de Prueba	Componente	Probará	Prerrequisito
PI-01	Reportes	Visualización del reciclaje de botellas por clase y general.	Se deben ingresar de botellas en el prototipo, para ser clasificadas.
PI-02	Módulo de usuarios	de Registro de usuario duplicado.	de Haber registrado no un usuario.

Nota. Tabla general de los casos de prueba de integración.

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 32
Prueba de Integración de Reportes
Prueba de Integración

ID: PI-01		Módulo: Reportes por fecha			
Programador responsable: Mero					
Fecha de ejecución: 10/01/2026		Versión:1			
Descripción: Visualización de la búsqueda del reciclaje en el módulo de reportes por fecha.					
Paso	Datos/Acciones de Entrada	de	Resultado Esperado	Resultado Obtenido	Observaciones
1. Ingresar a la página web	Buscar la fecha de inicio/fin deseado:		Muestra los datos registrados en el reporte, en caso de no haber no muestra datos.	Visualizar reporte por fechas.	Ninguna
2. Dirigirse al módulo de reportes por fecha.					
3. Seleccionar fecha de inicio.					
4. Seleccionar fecha de fin.					
5. Buscar la información.					

Nota. Detalle de prueba de integración de reportes.
Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 33
Prueba de Integración del Módulo de Usuarios
Prueba de Integración

ID: PI-02		Módulo: Usuarios			
Programador responsable: Villamarin					
Fecha de ejecución: 10/01/2026		Versión:1			
Descripción: Registro de usuarios en la página web.					
Paso	Datos/Acciones Entrada	de	Resultado Esperado	Resultado Obtenido	Observaciones
1. Ingresar a la página web.	Ingresar información del usuario.	del	Ingreso de usuario correctamente	Ingreso de usuario en el sistema.	Ninguna
2. Dirigirse al módulo de usuarios.	1. Juan Pérez				
3. Ingresar los datos del usuario	2. Jperes1994				
	3. jperez@gmail.com				
4. Escoger el rol que tendrá	4. *****				
5. Ingresar el nuevo usuario.	5. *****				

Nota. Detalle de prueba de integración del módulo de usuarios.
 Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Tabla 34
Prueba de Aceptación de Reportes
PA-01

Nombre	Reportes por fecha
Precondición	Debe haber iniciado sesión en la página web
Condición	Debe seleccionar la fecha de inicio y fin.
Pasos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la página web. 2. Dirigirse al módulo de reportes por fecha. 3. Seleccionar fecha de inicio. 4. Seleccionar fecha de fin. 5. Buscar
Resultados	Visualización de la tabla de reportes por fechas.
Resultados esperados	Correcto

Nota. Detalle de prueba de aceptación de reportes.

Elaborado por: La Mero y Villamarin, 2026

Tabla 35
Pruebas de Aceptación del Módulo de usuarios
PA-02

Nombre	Módulo de usuarios
Precondición	Debe haber iniciado sesión en la página web
Condición	No haber ingresado antes ese usuario
Pasos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la página web. 2. Dirigirse al módulo de usuarios. 3. Ingresar la información del usuario 4. Ingresar el nuevo usuario.
Resultados	Validación de credenciales correctamente
Resultados esperados	Correcto

Nota. Detalle de prueba de aceptación del módulo de usuarios.

Elaborado por: Mero y Villamarin, 2026

Anexo 14: Pruebas del prototipo

Tabla 36

Prueba de funcionalidad del prototipo

ID del Caso de Prueba	Descripción del Caso de Prueba	Precondiciones	Pasos de Prueba	Resultados Esperados	Resultados Actuales	Estado	Comentarios
CP001	Probar la conectividad Wi-Fi	El prototipo debe estar encendido	1. Ir a Configuración. 2. Ingresar las credenciales de la red Wi-Fi	El Arduino Uno debe conectarse a la red Wi-Fi exitosamente.	El Arduino Uno se conectó a la red Wi-Fi sin problemas.	Aprobado	Ninguno
CP002	Probar el rendimiento de los servomotores	El prototipo debe estar encendido, la cámara debe funcionar y el infrarrojo debe detectar presencia.	1. Encender el prototipo 2. Comprobar el correcto movimiento de los servomotores	Una vez que se detecte la clasificación del objeto mediante la cámara, los servomotores se activan en función de la clasificación del objeto.	Los servomotores se activaron según la clasificación del objeto.	Aprobado	Ninguno
CP003	Probar el funcionamiento del infrarrojo	El prototipo debe estar encendido.	1. Encender el prototipo 2. Comprobar que el sensor infrarrojo detecta la presencia de un usuario.	El sensor infrarrojo detecta la presencia del usuario y se inicializa correctamente el proceso de clasificación para el reciclaje.	El sensor infrarrojo detecta la presencia del usuario y se inicializa correctamente el proceso de clasificación para el reciclaje	Aprobado	Ninguno

Comentado [MV11]: EN TODOS LOS CUADROS DE ESTA SECCIÓN, DEJE EL INTERLINEADO EN MINIMO Y PUEDE BAJAR EL TAMAÑO DE LA LETRA HASTA TAMAÑO 10 CON LA FINALIDAD DE QUE SE ORGANICE DE MEJOR MANERA LA TABLA Y NO DEJAR DEMASIADO ESPACIO EN BLANCO

ID del Caso de Prueba	Descripción del Caso de Prueba	Precondiciones	Pasos de Prueba	Resultados Esperados	Resultados Actuales	Estado	Comentarios
CP004	Probar el funcionamiento del ultrasonido	El prototipo debe estar encendido.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encender el prototipo 2. Colocar el tacho de basura lleno 	Ultrasonido enciende led que notifica que el reservorio está lleno, y no permite continuar con el proceso de reciclaje hasta que se vacíe.	Ultrasonido enciende led que notifica que el reservorio está lleno, y no permite continuar con el proceso de reciclaje hasta que se vacíe.	Aprobado	Ninguno
CP005	Verificar el funcionamiento de la cámara	El prototipo debe estar encendido.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encender el prototipo 2. Comprobar que la cámara este configurada. 	Muestra imagen	Muestra imagen	Aprobado	Ninguno
CP006	Verificar la clasificación de las botellas	El prototipo debe estar encendido.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encender el prototipo 2. Comprobar la que el infrarrojo detecte presencia. 3. Verificar que el entrenamiento del algoritmo sea el correcto 	Botellas dassani	No se detecta	Fallido	Se debe agregar más imágenes al dataset

ID del Caso de Prueba	Descripción del Caso de Prueba	Precondiciones	Pasos de Prueba	Resultados Esperados	Resultados Actuales	Estado	Comentarios
CP007	Verificar clasificación las botellas	la de El prototipo debe estar encendido.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encender el prototipo 2. Comprobar la que el infrarrojo detecte presencia. 3. Verificar que el entrenamiento del algoritmo sea el correcto 	Botellas gallito	No se detecta	Fallido	Se debe agregar más imágenes al dataset
CP008	Verificar clasificación las botellas	la de El prototipo debe estar encendido.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encender el prototipo 2. Comprobar la que el infrarrojo detecte presencia. 3. Verificar que el entrenamiento del algoritmo sea el correcto 	Otras Botellas, no la ingresa en el recipiente de reciclaje.	Otras Botellas, no la ingresa en el recipiente de reciclaje.	Aprobado	Detecta correctamente el objeto
CP009	Verificar clasificación las botellas	la de El prototipo debe estar encendido.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encender el prototipo 2. Comprobar la que el infrarrojo detecte presencia. 3. Verificar que el entrenamiento del algoritmo sea el correcto 	Botellas dassani, ingresa la botella en el recipiente de reciclaje.	Botellas dassani, ingresa la botella en el recipiente de reciclaje.	Aprobado	Detecta correctamente el objeto

ID del Caso de Prueba	Descripción del Caso de Prueba	Precondiciones	Pasos de Prueba	Resultados Esperados	Resultados Actuales	Estado	Comentarios
CP010	Verificar clasificación de las botellas	El prototipo debe estar encendido.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encender el prototipo 2. Comprobar la que el infrarrojo detecte presencia. 3. Verificar que el entrenamiento del algoritmo sea el correcto 	Botellas gallito, ingresa la botella en el recipiente de reciclaje.	Botellas gallito, ingresa la botella en el recipiente de reciclaje.	Aprobado	Detecta correctamente el objeto
CP011	Verificar clasificación de las botellas	El prototipo debe estar encendido.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encender el prototipo 2. Comprobar la que el infrarrojo detecte presencia. 3. Verificar que el entrenamiento del algoritmo sea el correcto 	Botellas coca cola, ingresa la botella en el recipiente de reciclaje.	Botellas coca cola, ingresa la botella en el recipiente de reciclaje.	Aprobado	Detecta correctamente el objeto
CP012	Verificar datos de reciclaje en el reporte.	El usuario debe ingresar a la página web.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Iniciar sesión en la página web. 2. Dirigirse al módulo de reporte por fechas 3. Elegir rango de fechas y visualizar. 	Visualización de los datos en el reporte.	Se visualizaron los datos obtenidos de la clasificación en el reporte.	Aprobado	Ninguno

9. APÉNDICES

Apéndice N° 1: Manual de Usuario

Introducción

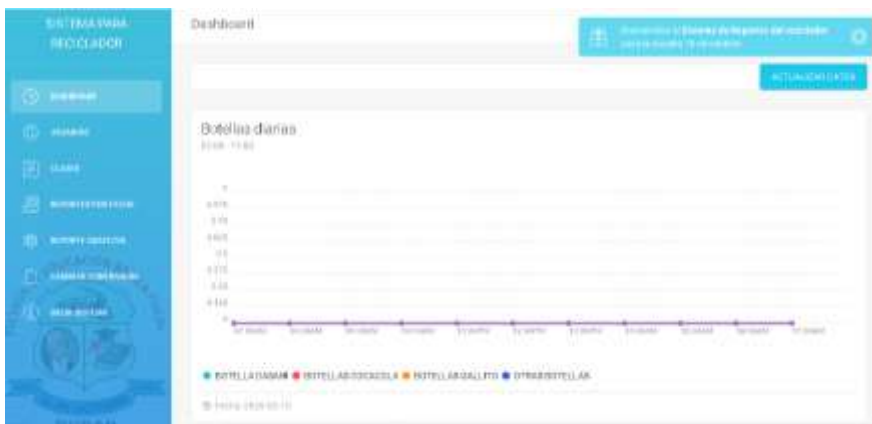
En este manual se describe paso a paso cada una de las funcionalidades de la página web, con el fin de que en el lugar de implementación los usuarios puedan utilizar la web con facilidad.

Inicio de Sesión



Una vez se ha ingresado al link correspondiente, se deben ingresar las credenciales proporcionadas para ingresar en la página web.

Dashboard



Una vez iniciada la sesión en la página principal se mostrará un botón que permite actualizar los datos de las botellas, por día, por mes y por año, del lado izquierdo se mostrará el menú de opciones.

Módulo de usuario

Nombre	Apellido	Correo	Acciones
DAMIAN VILLAMAR	VILLAMAR	dvillam@total.com	Editar Eliminar

Este módulo permite al usuario gestionar cuentas del sistema, incluyendo la creación de nuevos usuarios, la visualización de los usuarios registrados y la edición o eliminación de aquellos existentes.

Módulo de clases

N.º Clase	Nombre	Acciones
1	BOTELLAS DAMIAN	Editar
2	BOTELLAS COLOMBIA	Editar

Este módulo permite al usuario editar el nombre de las clases previamente ingresadas en el sistema.

Módulo de reporte por fechas



En este módulo, el usuario podrá consultar el reporte de botellas ingresadas en el prototipo, filtrando la información por un rango de fechas o por cada una de las clases registradas.

Módulo de reporte gráfico por año



En este módulo, el usuario podrá consultar el reporte de botellas ingresadas en el prototipo, filtrando la información por año.

Módulo de cambio de contraseña



The screenshot displays a web application interface for changing a password. On the left is a blue sidebar menu with icons for 'Inicio', 'Inicio', 'Inicio', 'Inicio', 'Inicio', and 'Inicio'. The main content area is titled 'Dashboard' and 'Módulo Cambio Contraseña'. It contains a form with the following fields and buttons:

- usuario:** A text input field with a dropdown arrow.
- verificar contraseña:** A text input field.
- Comprobar contraseña:** A button.
- nueva contraseña:** A text input field.
- repetir la contraseña:** A text input field.
- Guardar contraseña:** A prominent orange button.

At the bottom right of the page, there is a small copyright notice: '© 2025 Sistema IWSA MEC CLADON. Todos los derechos reservados.'

En este módulo, el usuario podrá hacer cambio de su contraseña, y por último se encuentra la opción de salir del sistema para cerrar la sesión.



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
"DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ"
CARRERA COMPUTACIÓN

**MANUAL TÉCNICO - PROTOTIPO DE CLASIFICACIÓN DE
BOTELLAS PLÁSTICAS PARA LA GESTIÓN DE RECICLAJE EN LA
ESCUELA "16 DE OCTUBRE" DEL CANTÓN DURÁN**

Elaborado por:

MERO BARTOLOME MARLON MARCELO
VILLAMARIN SANCHEZ DARWIN VICENTE

Febrero del 2026

1. Introducción

Este manual técnico describe el prototipo de clasificación de botellas plásticas, diseñado para ejecutar el proceso de clasificación dentro de la gestión de reciclaje en la escuela “16 de octubre”, ubicada en el cantón Durán. El sistema integra múltiples funcionalidades que permiten optimizar y garantizar la eficiencia de las operaciones.

- Sistema de reconocimiento de inteligencia artificial con Tensor Flow.
- Pagina de reporte en tiempo real para visualizar la cantidad de botellas recicladas.
- Compuertas de clasificación.
- Sensor infrarrojo, para iniciar el reconocimiento de clasificación.

El diseño se adapta a las necesidades para realizar el reciclaje. La integración con la página web permite visualizar el registro de las botellas recicladas, por fechas y año.

2. Requerimientos del Prototipo



Para utilizar la recicladora, es necesario cumplir con los siguientes requerimientos:

- ✓ Contar con dos dispositivos de hardware Arduino Uno, equipados con los sensores y actuadores necesarios para el proceso de clasificación.
- ✓ Disponer de acceso a una red Wi-Fi que permita la conexión de los dispositivos Arduino a internet.
- ✓ Tener acceso a las credenciales de la página web del sistema para la visualización de los reportes correspondientes.

3. Configuración del Hardware

Antes de iniciar el sistema, es necesario comprobar la correcta configuración del hardware, asegurando que todos los componentes estén debidamente conectados a las placas Arduino Uno.

4. Inicio rápido

- ✓ Conecta el prototipo a una fuente de alimentación y asegúrate de que esté conectado al computador que tenga el software de clasificación.
- ✓ Inicie sesión en la página web “Sistema para reciclador”.

5. Uso del Prototipo

El prototipo está diseñado para identificar tres tipos de botellas: Dasani, Coca-Cola y Cola Gallito. Aquellas que no corresponden a estas marcas se clasifican automáticamente en la categoría “otras botellas”.

Asimismo, el sistema controla el ingreso de objetos no permitidos, permitiendo su retiro del prototipo para evitar interferencias en el proceso de reciclaje.

Pasos para utilizar el prototipo:

a. Ingreso del objeto

- Introducir el objeto por la parte superior del prototipo, a través del agujero diseñado para ello.



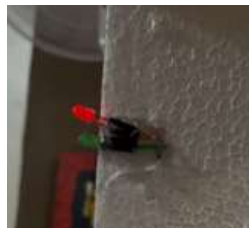
- El objeto caerá sobre una plataforma de madera, la cual espera instrucciones para iniciar el proceso de identificación.

b. Verificación de indicadores luminosos

- En el lado derecho del prototipo se encuentran dos Leds:
- **Verde encendido** significa que el prototipo está listo para ser utilizado.



- **Rojo encendido** significa que el recolector inferior está lleno y no se puede continuar hasta vaciarlo.



c. Activación del sensor infrarrojo

- Si el LED verde está encendido, pasar la mano cerca del sensor infrarrojo ubicado junto a los Leds.
- Esta acción activa el sistema de reconocimiento.

d. Iluminación interna y captura de imagen

- Al detectar la mano, se enciende automáticamente el foco interno.



- El foco ilumina el objeto para que el sistema pueda tomar una fotografía y el algoritmo lo procese para su clasificación.

e. Clasificación del objeto

- El algoritmo analiza la imagen y determina el tipo de objeto.
- Existen dos posibles resultados:
 - Si el objeto es una *botella plástica*:
 - El primer servo libera la botella.



- El segundo servo abre la tapa, permitiendo que la botella caiga dentro del recolector.



- Si el objeto *no* es una botella plástica:
 - El segundo servo no se abrirá.
 - El objeto permanecerá sobre la tapa para ser retirado manualmente.



Los datos del reciclaje pueden visualizarse a través de la página web “Sistema para reciclador”, donde los usuarios pueden monitorear la cantidad de botellas recicladas por tipo o de manera general, mediante reportes organizados por mes y año.

6. Mantenimiento

Verifique de manera periódica el estado de los sensores y actuadores del prototipo, asegurándose de que estén correctamente conectados, alineados y funcionando según lo esperado. Es recomendable realizar pruebas de funcionamiento para confirmar que los sensores detectan adecuadamente los objetos y que los actuadores responden de forma precisa a las señales enviadas por el sistema, con el fin de prevenir fallas durante el proceso de clasificación.

Asimismo, realice tareas de limpieza y mantenimiento preventivo de los sensores y actuadores con la frecuencia necesaria. Elimine polvo, residuos o suciedad que puedan acumularse y afectar su desempeño, utilizando materiales adecuados que no dañen los componentes. Un mantenimiento regular contribuye a prolongar la vida útil del prototipo y a garantizar un rendimiento óptimo y continuo del sistema de reciclaje.

7. Contacto y Soporte Técnico

Si tiene alguna consulta, inconveniente o requiere asistencia adicional en el uso o mantenimiento del sistema, no dude en comunicarse a través del correo

electrónico previamente proporcionado. Nuestro equipo de soporte estará disponible para brindarle orientación, resolver dudas y atender cualquier eventualidad relacionada con el funcionamiento del prototipo o la plataforma web. Se recomienda incluir en su mensaje una breve descripción del problema o solicitud para ofrecer una atención más rápida y efectiva.