

# Sistema receptor y clasificador de botellas y latas con registro de usuarios vía wifi.

## Receiving and sorting system for bottles and cans with user registration via Wi-Fi.

Raúl Moreno Rincón\* (1).  
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
[raull.mr@tuxtla.tecnm.mx](mailto:raull.mr@tuxtla.tecnm.mx).

Aldo Esteban Aguilar Castillejos (2). I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [aldo.ac@tuxtla.tecnm.mx](mailto:aldo.ac@tuxtla.tecnm.mx).

Álvaro Hernández Sol (3). I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [alvaro.hs@tuxtla.tecnm.mx](mailto:alvaro.hs@tuxtla.tecnm.mx).

Joel Gómez Pérez (4). I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [joel.gp@tuxtla.tecnm.mx](mailto:joel.gp@tuxtla.tecnm.mx).

Christian Giovanni Rodríguez De La Cruz (5). Estudiante I. T. de Tuxtla Gutiérrez, [L19270687@tuxtla.tecnm.mx](mailto:L19270687@tuxtla.tecnm.mx).

\*corresponding author.

Artículo recibido en noviembre 24, 2023; aceptado en diciembre 11, 2023.

### Resumen.

*El proyecto consiste en el diseño y construcción de un prototipo de sistema para recolectar botellas de PET y latas de aluminio que ayude a controlar la cantidad de estos contaminantes que llegan a los ríos y océanos, incentivando a las personas a la recolección a través de premios. Este proyecto está enfocado a la industria de apoyo a la ecología, la carencia de tecnología en este campo crea la necesidad de innovación e implementación de sistemas, buscando alternativas que ayuden a convencer al público a unirse a esta cruzada. Por ello se diseñó un sistema recolector y clasificador de botellas y latas con capacidad para registrar a las personas que están colaborando y llevar un conteo de la cantidad que están agregando al sistema. Teniendo como aliciente un proceso de acumulación de puntos proporcional al conteo que llevan y que pudiera ser canjeables por algún premio, en el caso académico, una retribución por créditos académicos complementarios, que se reflejará entre los alumnos que recolecten y lleven a depositar cada botella o lata en este sistema. La acumulación de puntos se encontrará en un servidor virtual que será alimentada, consultado y administrado vía wifi para tener acceso a ella en cualquier día, hora y lugar tanto para agregar botellas y latas como para consultar el acumulado de puntos y la lista de incentivos.*

**Palabras claves:** Botellas de PET, contaminantes, incentivos, servidor virtual, wifi.

### Abstract.

*The project consists of the design and construction of a prototype system to collect PET bottles and aluminum cans that helps control the amount of these pollutants that reach rivers and oceans, encouraging people to collect through prizes. This project is focused on the ecology support industry, the lack of technology in this field creates the need for innovation and implementation of systems, looking for alternatives that help convince the public to join this crusade. For this reason, a bottle and can collecting and sorting system was designed with the capacity to register the people who are collaborating and keep a count of the amount they are adding to the system. Having as an incentive a process*

*of accumulating points proportional to the count they have and that could be exchanged for a prize, in the academic case, a remuneration for complementary academic credits, which will be reflected among the students who collect and deposit each bottle or can in this system. The accumulation of points will be found on a virtual server that will be fed, consulted, and managed via Wi-Fi to have access to it at any day, time, and place, both to add bottles and cans and to consult the accumulated points and the list of incentives.*

**Keywords:** Incentives, PET bottles, pollutants, virtual server, Wi-Fi.

## 1. Introducción.

Contaminación por botellas de plástico: En un enfoque mundial. Un millón de botellas por minuto son compradas en el mundo. Esto está ocasionando una crisis ambiental. Cada mexicano consume en promedio 48 kilos de plásticos al año, de acuerdo con datos de la propia Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. La contaminación de los ríos y océanos con plásticos pone en riesgo la vida salvaje marina, por tanto, si queremos hacer algo para evitarlo, necesitamos incrementar el reciclaje de las botellas y latas, es decir, utilizar un esquema de depósitos para retorno de estas y generar la cultura de reciclaje, con la finalidad de reducir el problema de contaminación. Existen países que han avanzado en la mitigación de este problema tal como Noruega donde el 96 % de las botellas son recuperadas, (Basco. et al 2018)

En 2019, en México la demanda de PET fue de 900,000 toneladas, 75 % de vPET y 25 % de rPET, pero la resina reciclada está desplazando a la virgen, al menos en México. Las proyecciones para 2020, de acuerdo con Fernando Rosas García, director comercial de Alpek Polyester México, es que el mercado general de PET crecerá 3 %, en particular por la demanda de rPET principalmente para aplicaciones de botella a botella.

Uno de los retos más importantes, en la visión del directivo de Alpek Polyester para la industria de reciclaje de PET es la recolección. Si bien México hoy cuenta con una tasa de 60 %, que es la más alta de América, a medida que se va acercando a 80 % o 90 % será más complejo incrementar el porcentaje porque se tiene que buscar el residuo en lugares más distantes, y crear nuevos centros de acopio. Se prevé que las exportaciones mexicanas de PET se reduzcan a fin de abastecer las nuevas capacidades en el país, pero también se espera que México comience a importar particularmente botella desde países de Centroamérica, aunque para ello se enfrentará mayor complejidad, (EPLAN, 2023).

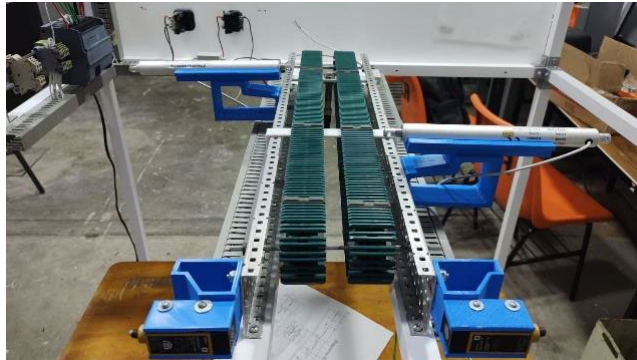
Con la intención de contribuir con la participación del TECNM Campus Tuxtla Gutiérrez, en estos desafíos y principalmente en el ECO-RETO que se lleva a cabo en el estado de Chiapas, debido a que específicamente en este estado se presenta todos los años una alta contaminación del río que atraviesa el cañón del sumidero, la cual proviene de las diferentes poblaciones que lo rodean y partiendo con la idea de promover acciones para que los estudiantes y público en general participen en la recolección de botellas y latas, se realizó este proyecto de desarrollo tecnológico.

## 2. Métodos.

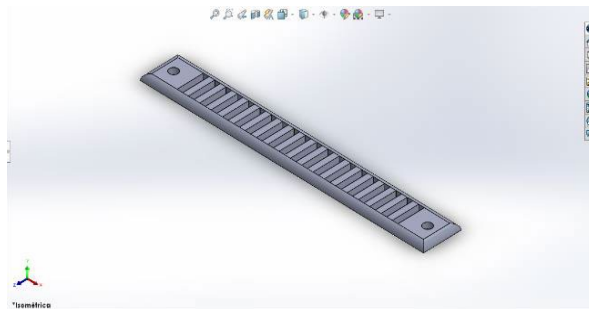
### Diseño, construcción e implementación de hardware del sistema.

El sistema se centra en una caja de acrílico transparente, y dentro de ella se diseño una banda transportadora en donde en un extremo toca a una pared de la caja en el centro y es en ella en donde se realizó un orificio del tamaño suficiente para introducir las botellas de PET o latas y depositarlas al inicio de la banda. A un tercio de la longitud de la banda se ubica una estación de trabajo en donde un sensor de metal determina si el objeto es una lata de aluminio, en caso de que lo sea, un actuador lineal eléctrico empuja a la lata fuera de la banda y esta cae a un recipiente almacenador de latas, si no es una lata continua su recorrido. A 2/3 de la longitud de la banda se tiene otra estación de trabajo en donde un sensor de PET detecta si el objeto transportado es una botella de PET, en caso de que lo sea, un actuador lineal eléctrico empuja a la botella fuera de la banda y esta cae a un recipiente almacenador de botellas de PET, si no es una botella de PET, el objeto continuo su recorrido hasta llegar al otro extremo, en donde cae por gravedad a un recipiente de desechos. La figura 1 muestra a la banda mencionada dentro de la caja de acrílico. Como la banda fue diseñada y

construida para nuestra necesidad específica, se diseñaron accesorios de sujeción y un juego de rieles para evitar el pandeo de ésta, el diseño fue realizado en SolidWorks e impreso con PLA, ver figura 2, (SolidWorks. 2023).

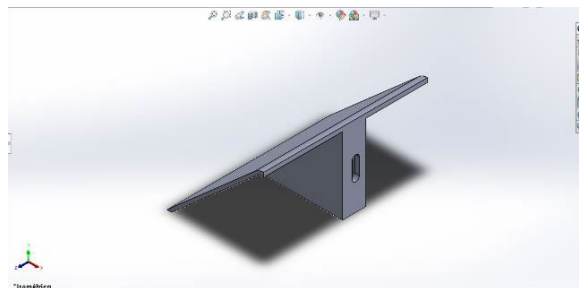


**Figura 1.** Banda transportadora.



**Figura 2.** Diseño de los rieles.

También se diseñaron e imprimieron rampas de dirección para cada estación de trabajo (Aluminio y PET), las cuales fueron montadas a lo largo de los laterales de la banda transportadora. Estas rampas fueron diseñadas con la finalidad de ajustar la dirección de los envases al ser expulsados, figura 3.



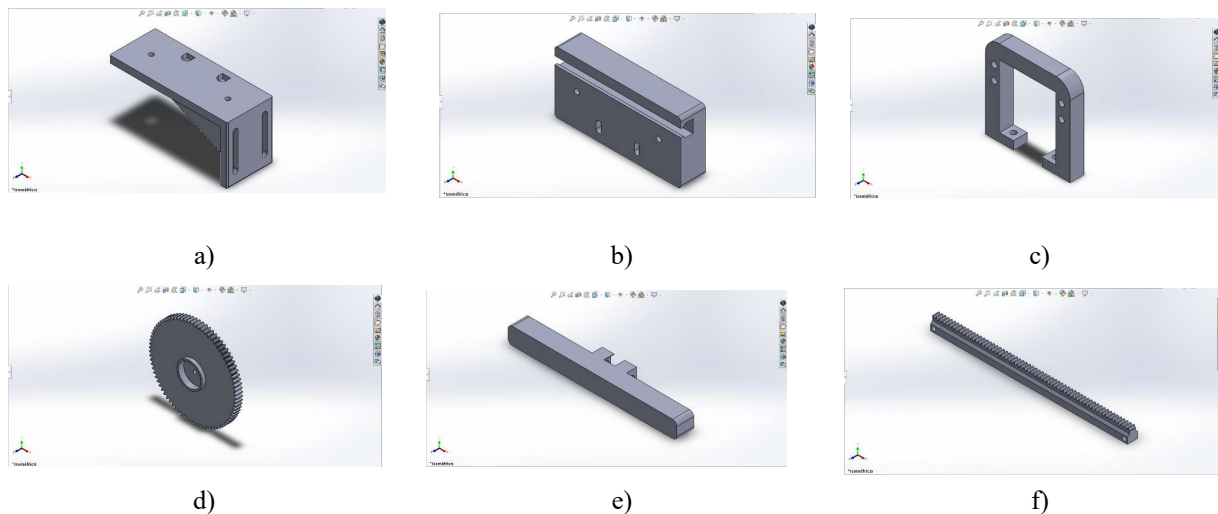
**Figura 3.** Rampas de dirección.

### **Determinación e implementación de actuadores para el proceso.**

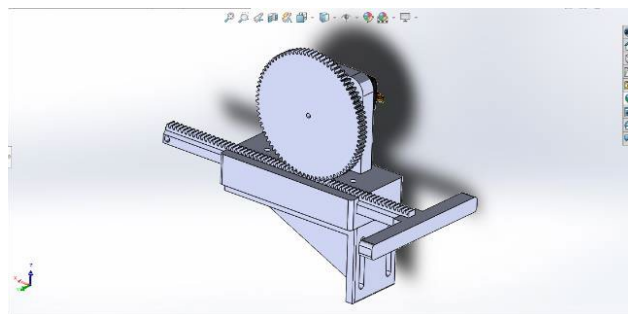
Con respecto a los actuadores encargados en quitar de la banda a los objetos que cumplen con lo que marca el sensor de cada estación de trabajo, estos se diseñaron en SolidWork y se imprimieron con PETG, su movimiento se debe a servomotores MG995 de 180° que son controlados por un Arduino nano.

Con la intención de convertir el movimiento rotativo del servomotor de  $180^\circ$  en un movimiento lineal, se determinó un actuador lineal formado por un servomotor MG995 de  $180^\circ$ , un engrane y un piñón, determinando que una medida de 12.8 cm del actuador lineal sería adecuada para asegurar la expulsión efectiva del envase mediante el desplazamiento del piñón impulsado por el engrane (que es el ancho de la banda transportadora).

Con el objetivo de alcanzar esta medida, se calculó un diámetro de engrane de 82 mm. Este cálculo se basó en el principio de la circunferencia, donde multiplicando el diámetro por  $\pi$  (pi) se obtiene una circunferencia de 257.6 mm. Y dado que el servomotor gira solo 180 grados, se dividió esta medida entre 2, resultando en una longitud de 128.8 mm, equivalente a los necesarios 12.8 cm requeridos para el desplazamiento del piñón. Esta configuración asegura que el envase sea expulsado de manera eficiente durante el proceso de clasificación, ver figura 4 y 5.



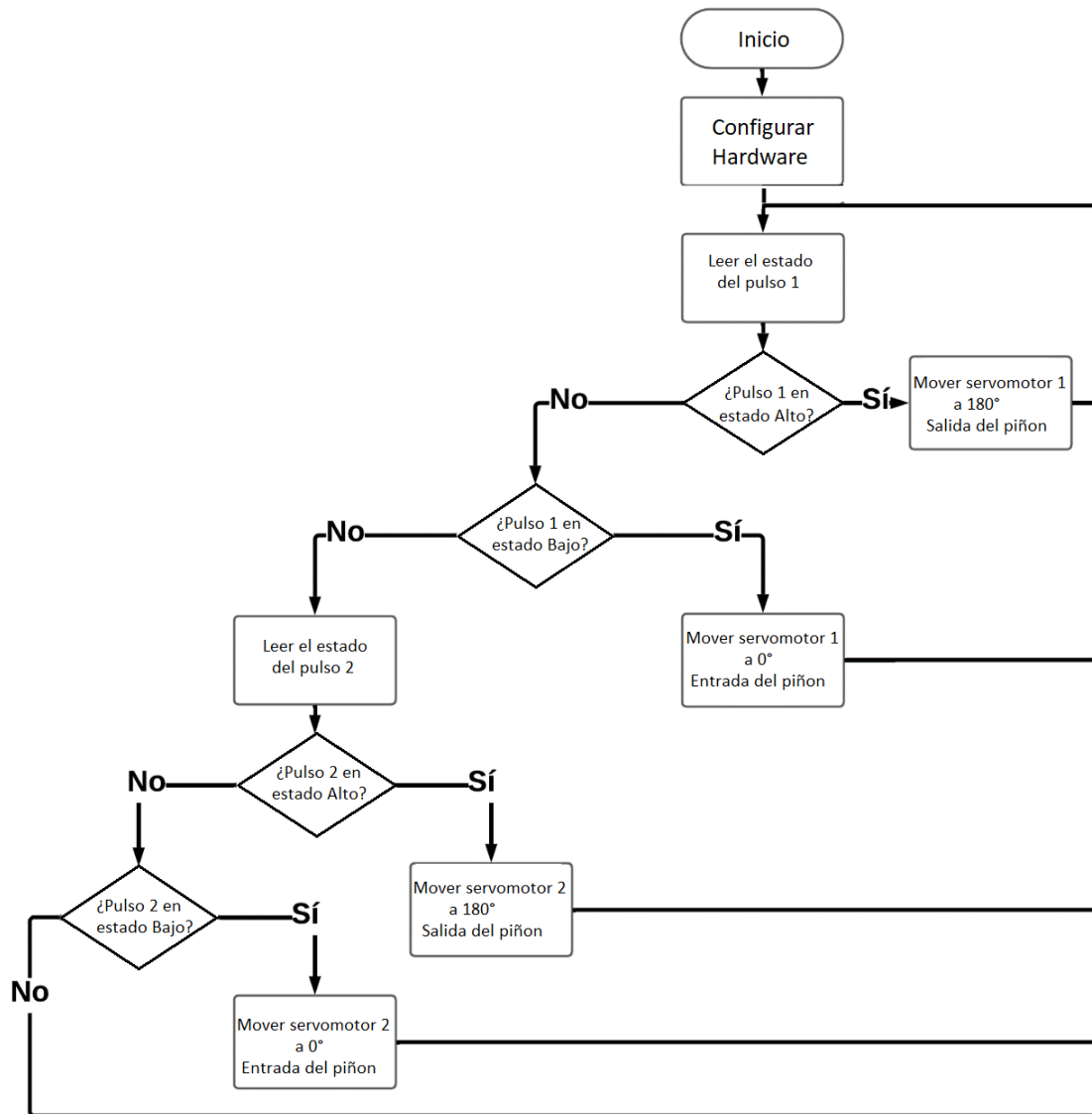
**Figura 4.** Partes del actuador lineal: a) Base, b) Corredera, c) Soporte, d) Engrane, e) vástago y f) piñón.



**Figura 5.** Ensamble del actuador lineal.

En la figura 6 podemos observar el diagrama de flujo del programa del Arduino nano que controla los dos servomotores correspondientes a los actuadores lineales de la estación de latas y la estación de botellas de PET. El Arduino nano recibe del controlador principal (PLC Siemens 1200) 2 pulsos, uno para cada servomotor (LucidChart. 2023).

Cuando el sensor de una estación de trabajo reconoce que el objeto es del material de esa estación envía un pulso al controlador principal el cual detendrá la banda transportadora y enviará un pulso en alto al servo correspondiente para que el piñón avance y saque de la banda al objeto, después de un tiempo determinado corta el pulso para que el piñón regrese y activa nuevamente la banda.

**DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMACION ARDUINO IDE ARDUINO NANO****Figura 6.** Diagrama de flujo del Arduino nano.**Determinación de Sensores para el proceso.**

La banda tiene 4 sensores:

- El primer sensor es fotoeléctrico tipo barrera de la marca Omron (Transmisor E3S-5LB4-T y el receptor es el E3S-5DB4-T) con capacidad para detectar al objeto en cualquier posición y tiene como función detectar la entrada de objetos al inicio de la banda, ver figura 7.
- En la primera estación se tiene un sensor inductivo de la marca IFM (IFT202), el cual tiene capacidad para detectar metales y su función es verificar si el objeto es una lata para expulsarlo de la banda. Ver figura 7.

- En la segunda estación se tiene un sensor fotoeléctrico de salida PNP de la marca Omron (E3Z-LS81), el cual puede ser ajustado para detectar PET y su función es verificar si el objeto es una botella de PET para expulsarlo de la banda, ver figura 7.
- En el extremo final de la banda se tiene un sensor igual al sensor que tenemos al inicio de la banda y su función es detectar la salida de los objetos que no cumplieron con los requisitos de las estaciones 1 y 2, ver figura 7.

Los 4 sensores están conectados directamente al controlador principal.



a) Sensor de barrera.



b) Sensor de Metal.



c) Sensor de PET.

**Figura 7.** Imágenes de sensores utilizados en la banda.

### **Sistema de comunicación WIFI, registro de usuarios y administración del puntaje de participación.**

Ante la necesidad de tener una buena gestión de base de datos, se optó por utilizar el microcontrolador ESP32 el cual cuenta con un módulo de wifi incorporado, lo que facilita la transferencia de datos con el servidor y se optó utilizar Micro Python como lenguaje de programación por sencillez y eficiencia.

Con la finalidad de apoyar el acceso a los usuarios se decidió utilizar tarjetas personalizadas con su clave de acceso por lo que se incorporó un lector de tarjetas (RFID RC522) y una pantalla para comunicarse con el usuario del avance del proceso, ambos conectados al controlador ESP32. Ver figura 8, (LucidChart. 2023).

La base de datos se diseñó con la finalidad de gestionar un sistema de seguimiento de ingresos de materiales reciclables, en el cual se registran detalles sobre los ingresos realizados por usuarios, los tipos de materiales reciclables, y la información general de los usuarios involucrados en el proceso de reciclaje, en este caso personal y estudiantes de la institución. La base de datos está compuesta por cuatro tablas principales: DETALLE\_INGRESO, INGRESOS, MATERIALES y USUARIOS, (IFM, 2023).

**Tabla del DETALLE\_INGRESO:** Almacena el detalle específico de cada ingreso al sistema de captura de objetos. Contiene el identificador del ingreso, identificador del material de los objetos ingresados, identificador de la cantidad de objetos ingresados (la suma de los objetos del mismo material ingresados, si se metieron de diferentes materiales generara dos registros) y el identificador del usuario. Ver figura 9.

**Tabla INGRESOS:** Esta tabla almacena información general sobre los ingresos de materiales reciclables. Los campos incluyen: Identificador del movimiento de ingreso, fecha en la que se realizó el ingreso, total puntos obtenidos en este ingreso y el identificador del usuario. Ver figura 10.

**Tabla MATERIALES:** En esta tabla se almacenan los tipos de materiales reciclables. Los campos son: Identificador único del material, nombre del material, valor del material en términos de puntos y enlace a una imagen que representa el material. Ver figura 11.

**Tabla USUARIOS:** Esta tabla contiene información sobre los usuarios que realizan los ingresos. Contiene la información personal que lo identifique, como son Identificador único del usuario, número de control o etiqueta identificadora única, nombre del usuario, apellido paterno del usuario, apellido materno del usuario, rol o posición del usuario en el sistema y estado del usuario en el sistema (activo o inactivo). Ver figura 12.

## DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMACION MICROPYTHON ESP32

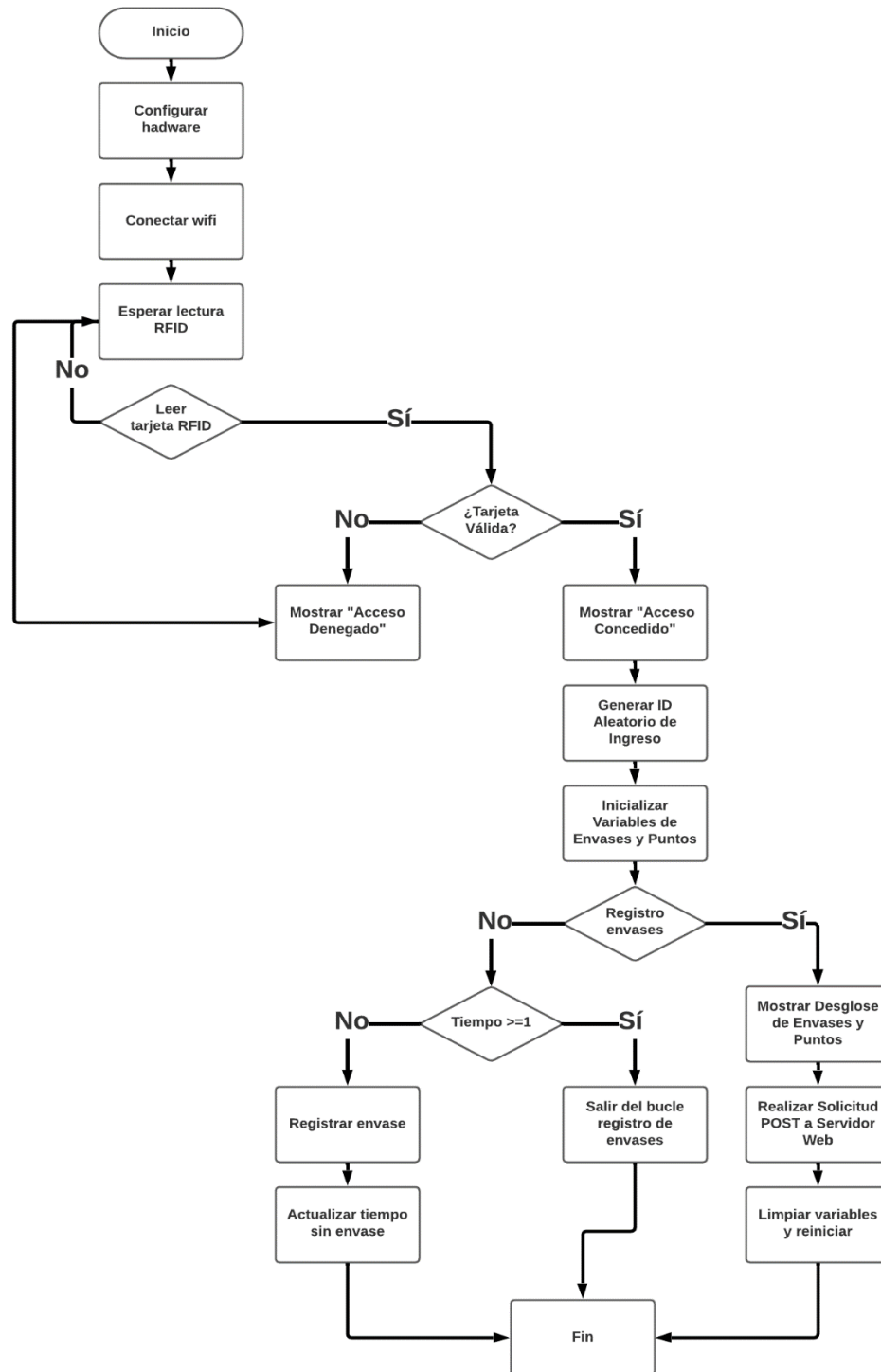


Figura 8. Diagrama de flujo del programa del microcontrolador ESP32.

Mostrando filas 0 - 20 (total de 21. La consulta tardó 0.0007 segundos.)

```
SELECT * FROM `DETALLE_INGRESO`
```

	id_detalle_ingreso	cant_envases	MATERIALES_id_material	INGRESOS_id_ingreso
<input type="checkbox"/>	16467173	0	548203	821238425
<input type="checkbox"/>	19706274	1	548203	144345804
<input type="checkbox"/>	23419762	1	10562	144345804
<input type="checkbox"/>	27979471	1	10562	372287107
<input type="checkbox"/>	29145762	2	548203	253743401
<input type="checkbox"/>	35030140	8	5632	884100874
<input type="checkbox"/>	40847610	3	5632	157939714
<input type="checkbox"/>	45134131	5	10562	821238425
<input type="checkbox"/>	46739315	1	548203	884100874
<input type="checkbox"/>	51324614	0	548203	157939714
<input type="checkbox"/>	51643972	1	548203	986874895
<input type="checkbox"/>	56773796	0	5632	821238425

Figura 9. Tabla del detalle de ingreso.

```
SELECT * FROM `INGRESOS`
```

	id_ingreso	fecha_entrada	total_puntos	USUARIOS_rfId
<input type="checkbox"/>	144345804	2023-08-11 19:51:30	7	e348fcacb
<input type="checkbox"/>	157939714	2023-08-11 20:47:44	9	f377e4abc
<input type="checkbox"/>	253743401	2023-08-11 20:33:56	8	e348fcacb
<input type="checkbox"/>	372287107	2023-08-11 19:08:32	3	439ef5ab83
<input type="checkbox"/>	821238425	2023-08-11 20:43:24	5	c3e50ead85
<input type="checkbox"/>	884100874	2023-08-11 20:39:36	16	439ef5ab83
<input type="checkbox"/>	986874895	2023-08-11 20:05:14	5	c3e50ead85

Figura 10. Tabla de ingreso.

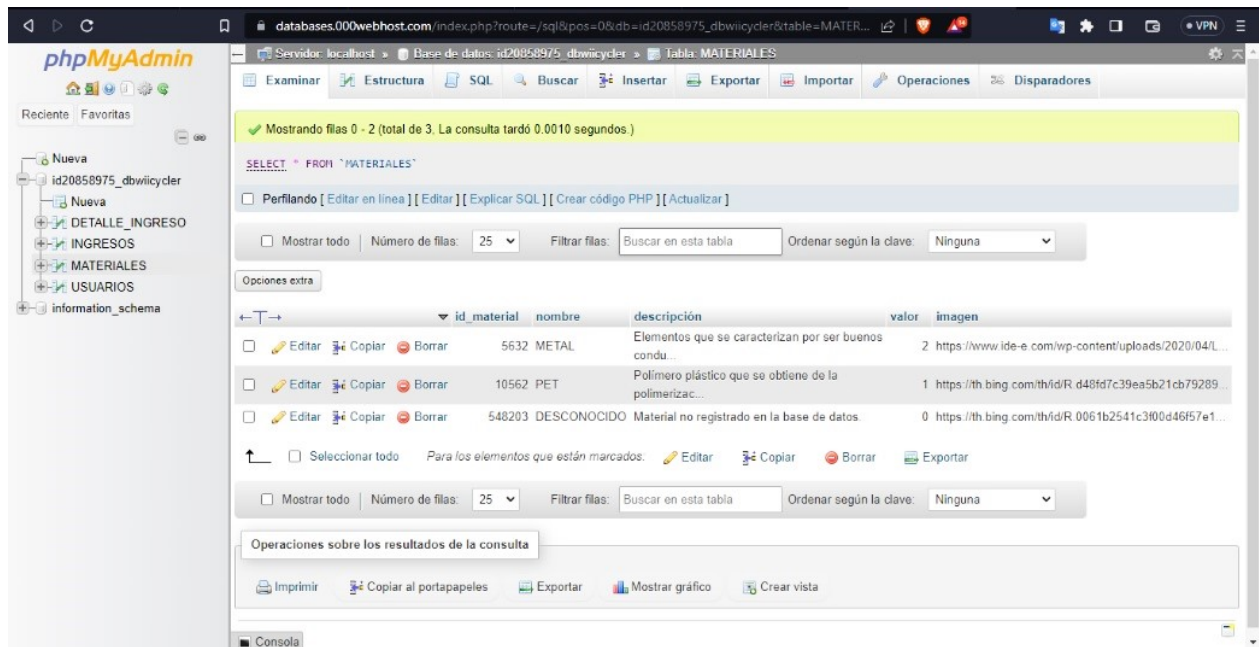


Figura 11. Tabla de materiales.

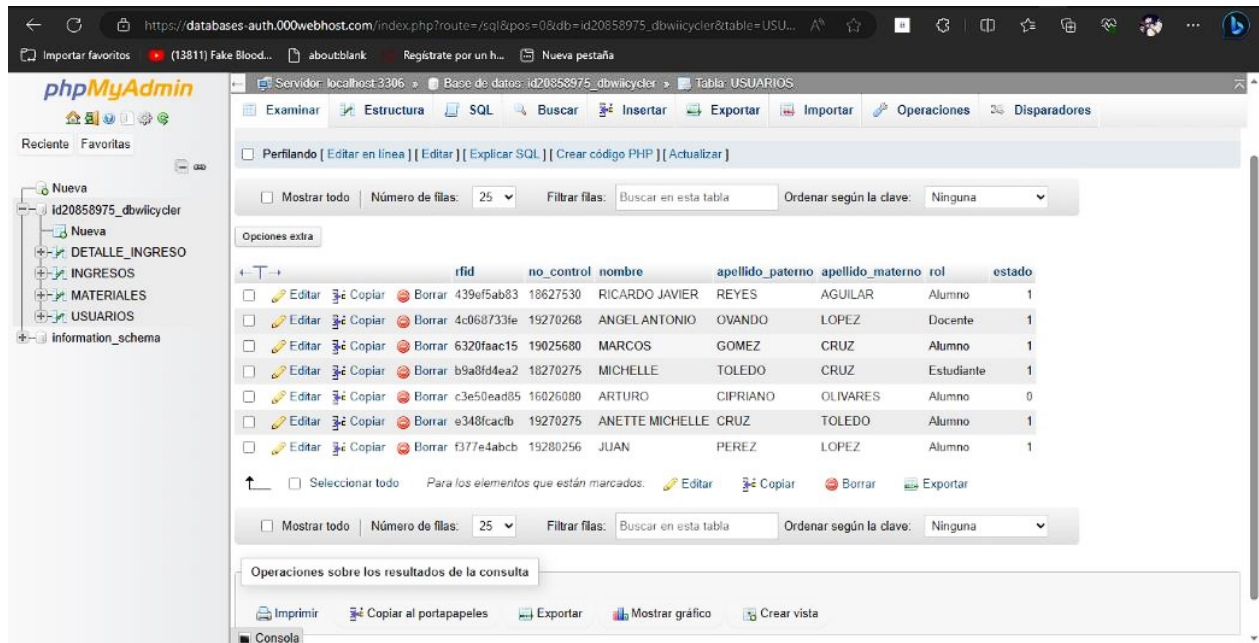


Figura 12. Tabla de usuarios.

El controlador principal es el PLC Siemens 1200.

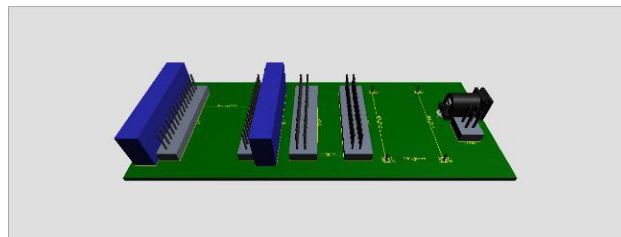
Al controlador principal llegan 6 señales; la señal de un pulsador de inicio, la señal de un pulsador de paro, la señal del sensor de barrera al inicio de la banda (detector de objetos que entran a la banda), la señal del sensor de metal (detector de los objetos de lata que transporta la banda), en la estación para latas, la señal del sensor de PET (detector

de las botellas de PET que transporta la banda) en la estación de botellas de PET y la señal del sensor de barrera al final de la banda (detector de objetos que salen de la banda sin ser identificados).

El controlador principal entrega 7 señales; una señal para alimentar al motor de la banda y que también entra al controlador ESP32 para indicar que el sistema esta activado, una señal que entra en el Arduino nano como la señal de pulso de activación para el piñón que expulsa al objeto en la estación de latas y que también entra al controlador ESP32 para el conteo de latas, una señal que entra en el Arduino nano como la señal de pulso de activación para el piñón que expulsa al objeto en la estación de botellas de PET y que también entra al controlador ESP32 para el conteo de botellas de PET, una señal que entra al controlador ESP32 para el conteo de objetos no identificados y 3 señales que van a una torreta tipo semáforo (de colores verde, amarillo y rojo) que indica la etapa en la que se encuentra el sistema durante su funcionamiento.

Cuando activamos el sistema por medio del botón de inicio y aplicando la tarjeta del usuario la torreta se pone en rojo y el sistema se activa, al introducir el objeto por la ventanilla y este es detectado por el sensor de barrera al inicio de la banda, el motor se activa y la torreta se pone en verde, cuando el objeto es reconocido por alguno de los sensores de las estaciones de trabajo (metal o PET) el motor se detiene, la torreta se pone en amarillo y el piñón correspondiente sale a quitar el objeto de la banda, posteriormente el piñón regresa y el motor se activa para que los objetos que han sido introducidos alcancen las estaciones de trabajo. Si después de un tiempo predefinido no se introduce mas objetos, el motor se desactiva, la torreta se pone en rojo y el controlador ESP32 cierra el conteo, transmite la información y cancelando al usuario. Aunque el sistema sigue activado es necesario aplicar nuevamente una tarjeta de usuario para que, al meter un objeto a la banda, el motor vuelva a activarse, la torreta ponerse en verde e iniciamos de nuevo Ver la figura 15, (LucidChart. 2023).

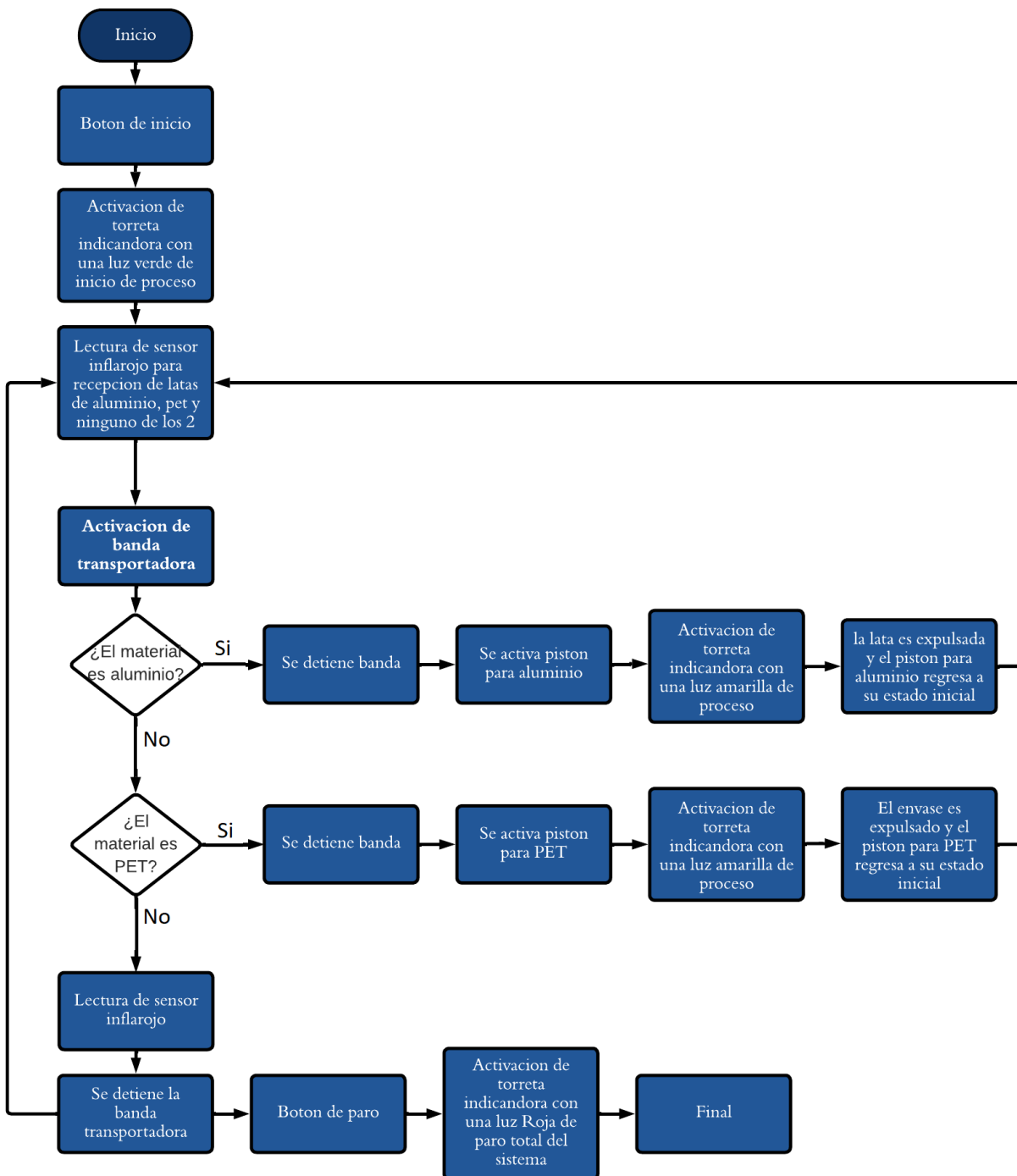
En esta etapa también fue necesario diseñar e imprimir diferentes componentes de apoyo, como son; Un shell para una conexión automática entre el ESP32, el Arduino nano y una serie de reguladores de 24 V cd. a 5 V cd. para el motor y de 24 V cd. a 3.3 V cd. para acoplamiento de la señal que sale del controlador principal (Plc Siemens 1200) al controlador ESP32, una carcasa para el lector de tarjetas, etc. Ver figuras 13 y 14, (SolidWorks. 2023).



**Figura 13.** Shell para el ESP32 – Arduino nano – Reguladores de voltaje.



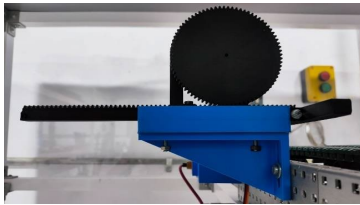
**Figura 14.** Carcasa para el RFID RC522.



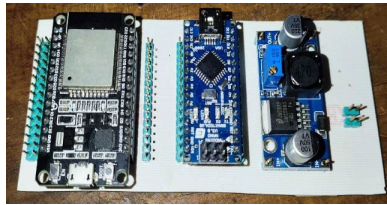
**Figura 15.** Diagrama de flujo del programa del controlador principal (PLC Siemens 1200).

### 3. Desarrollo.

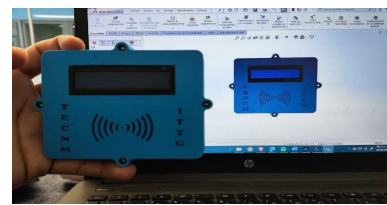
Teniendo los diseños se inició la impresión y ensamble de los actuadores lineales, la carcasa del RFID RC522, el Shell para el ESP32-Arduino, los rieles de la banda, los columpios de cada estación y las demás piezas de acoplamiento que fuero necesitándose.



1) Actuador lineal.



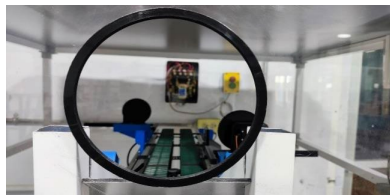
2) Shell ESP32-Arduino.



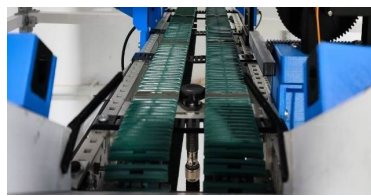
3) Carcasa del RFID RC522.

**Figura 16.** Impresiones de piezas de ensamblaje.

Se continuó con la caja de acrílico que soportará el sistema completo y la banda transportadora, haciendo adecuaciones necesarias; figura 17.



1) Construyendo la caja.



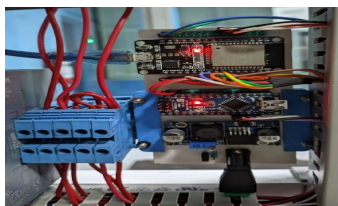
2) Construyendo la rampa.



3) Colocando las bases de sensor.

**Figura 17.** Construyendo la caja y la banda.

Ensamblando del sistema completo y haciendo las adecuaciones necesarias; figura 18.



1) Ensamblado el Shell.



2) Instalando y Conectando el PLC.



3) Sistema completo.

**Figura 18.** Ensamblando el sistema completo.

Una vez que teníamos funcionando el sistema completo del clasificador de latas y botellas de PET se realizaron los diagramas eléctricos de los elementos más significativos del sistema. Ver figura 19a y 19b.

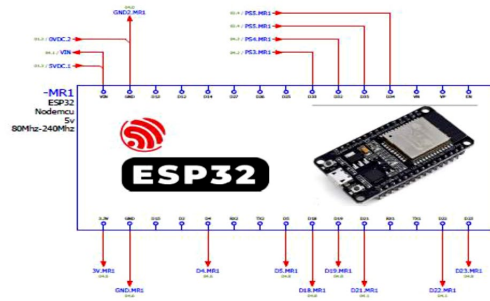


Figura 19a. Diagrama eléctrico de conexión del Esp32.

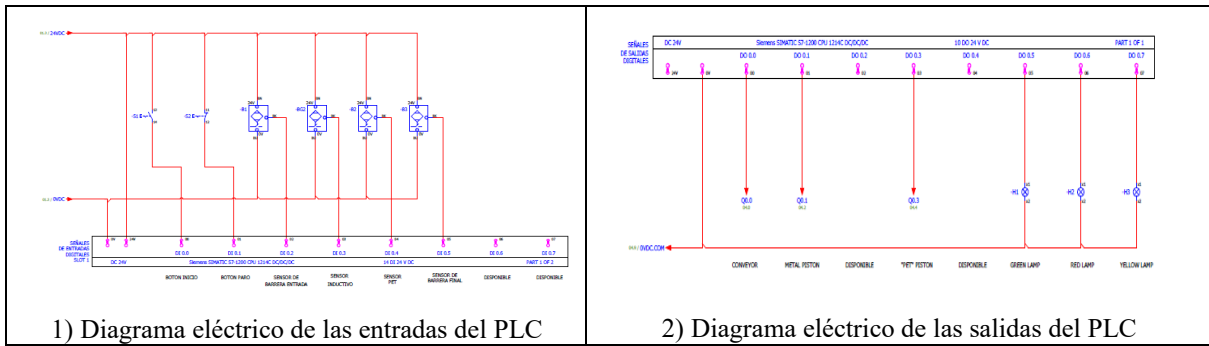


Figura 19b. Diagrama eléctrico de conexión del PLC.

Por ultimo se generó el esquema eléctrico del sistema, para mayos comprensión y mantenimiento.

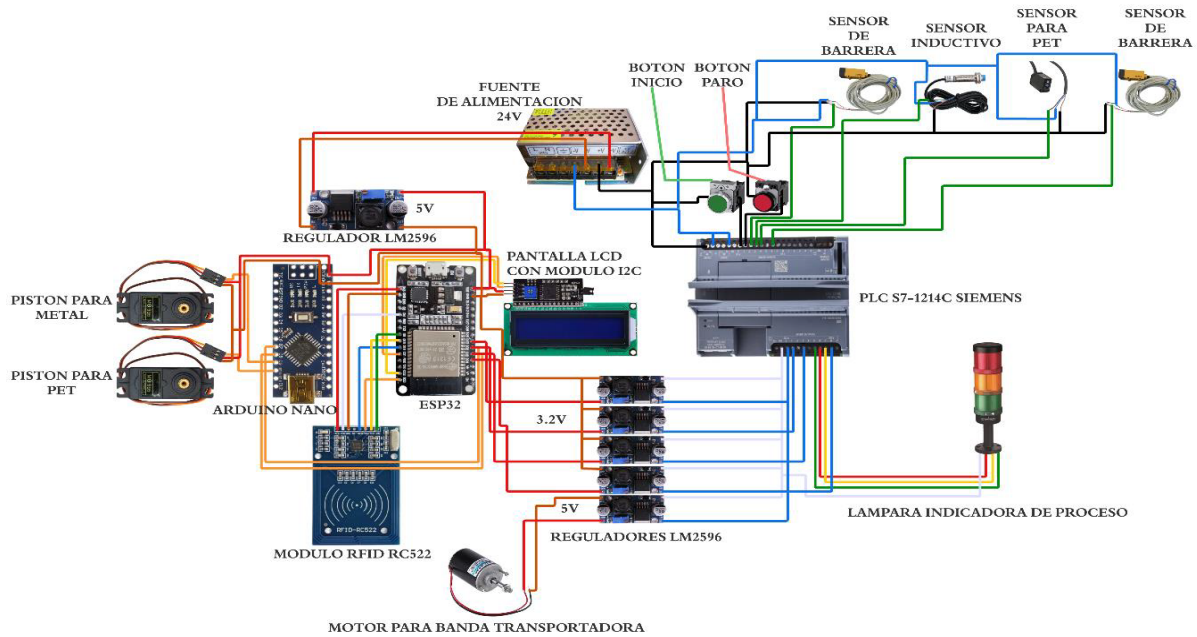


Figura 20. Esquema eléctrico del sistema.

## Conclusiones.

Se concluyó el proyecto exitosamente, durante el periodo considerado, En este proyecto, se diseñó un sistema innovador que automatiza la clasificación de envases y latas mediante un PLC Siemens 1200 y registra a los usuarios utilizando un módulo ESP32 programado en MicroPython. Este sistema ofrece una solución eficiente y precisa para separar diferentes tipos de materiales, como metal y PET, contribuyendo al reciclaje y la gestión sostenible de residuos.

La interacción entre sensores y actuadores controlados por el PLC garantiza que cada envase sea reconocido y procesado según su composición. Los usuarios se registran fácilmente a través de tarjetas RFID, y el sistema les asigna puntos según los materiales que introduzcan. Estos datos se almacenan en una base de datos centralizada, accesible a través de una plataforma web, lo que permite un seguimiento transparente de los ingresos y fomenta la participación de los usuarios en prácticas ecológicas.

Propuesta de mejoras:

- En esta fase de desarrollo el proyecto no incluye del todo manejo de errores ni medidas de seguridad, por lo que en una fase de implementación posterior se debería considerar añadir estas características para garantizar un funcionamiento adecuado y seguro.
- Diseñar una interfaz gráfica atractiva e intuitiva para el usuario.
- Añadir catálogo de premios a canjear que permitan dar a conocerlos para promover la participación y con ello el desarrollo de competencias en el ámbito ecológico de los usuarios.

## Referencias bibliográficas.

**Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018).** Industria 4.0: fabricando el futuro. <https://doi.org/10.18235/0001229>.

**EPLAN. (2023).** EPLAN – efficient engineering. Recuperado 01 de Agosto de 2023 <https://www.eplan.com.mx/>.

**IFM. (2023).** Ifm electronic. Recuperado 10 de Junio de 2023 <https://www.ifm.com/mx/es>.

**LucidChart. (2023).** LucidChart. Recuperado 5 de mayo de 2023 <https://www.lucidchart.com/>.

**SolidWorks. (2023).** Qué es y para qué sirve Solidworks. Recuperado 01 de Agosto de 2023, <https://solid-bi.es/solidworks/>.

## Información de los autores.



**Raúl Moreno Rincón**, Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, egresado de la ESIME IPN, en la ciudad de México, D.F. Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca. Maestro en Educación Superior por la Universidad Autónoma de Chiapas. Certificado en SolidWorks Associate. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y jefe de Proyectos de Docencia de Ingeniería Electrónica. Es investigador desde 1999 y Colabora en la línea de investigación “Robótica” de ingeniería electrónica y es parte del cuerpo académico en

formación “sistema de control inteligentes”. Ha realizado proyectos como: Sistema de alarma para personas con deficiencia auditiva basado en XBEE, robot de cafetería, araña hexápoda, sistema de control de animatronic, entre otros.



**Aldo Esteban Aguilar Castillejos**, obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ing. Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) en el 2011 y el título de Ingeniero en Electrónica en el mismo Instituto, con especialidad en Instrumentación y Control. Cuenta con la certificación CSWA, CSWP, CSWP Avanzado de SolidWorks; así como un Diplomado en el motor de desarrollo de videojuegos UNREAL, Diplomado en Microsoft Teams y Diplomado en competencias para la enseñanza de las ciencias. Acreedor al premio de desempeño a la excelencia EGEL 2018 y Miembro del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas del Estado de Chiapas. Ha participado en el desarrollo de proyectos de investigación (PEI Conacyt) para empresas privadas, desarrollo de patentes con desarrollos tecnológicos en el Estado de Chiapas y fue parte del cuerpo de investigación de la Universidad del Valle de México, campus Tuxtla Gutiérrez hasta el 2022. Actualmente es parte del cuerpo académico en formación “Sistemas de control inteligentes” del I.T.T.G. con desarrollo de proyectos financiados por CONACYT y el TecNM con campos de interés en: dispositivos opto-mecatrónicos, manufactura, sensores de fibra óptica, instrumentación y control.



**Álvaro Hernández Sol**, es Ingeniero en electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y es investigador desde 1997. Certificado en SolidWorks Associate. Jefe de proyectos de investigación de ingeniería electrónica desde el 2001. Fundo y asesora el “Club de robótica del ITTG”, colabora en la línea de investigación de “Robótica” de Ingeniería electrónica. Dirige el área de trabajo en “Robótica” y es parte del cuerpo académico “Sistema de control inteligentes”. Ha realizado investigaciones en el área de los sistemas alternativos de comunicación y en sistemas robóticos, Así como en sistemas traductores de lenguaje.



**Joel Gómez Pérez**, es Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), graduado en 2005; Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), graduado en 2013. Ha colaborado con diversas universidades; entre ellas la Universidad del Valle de México, Universidad Politécnica de Chiapas (UPCH) en el área de Ingeniería Mecatrónica, Biomédica, Energía; entre otros. Actualmente es profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2010. Es profesor con perfil deseable PRODEP desde 2017 y jefe de laboratorio de Física en el departamento de Ciencias Básicas.



**Christian Giovanni Rodríguez De La Cruz** es estudiante de octavo semestre de Ingeniería en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG). Ha realizado diversos proyectos como parte de su formación, actualmente se encuentra participando en el proyecto “Sistema Receptor y Clasificador de botellas y latas con registro de usuarios vía wifi.” como residente. Está Certificado en SolidWorks Associate.