

**AUTOMATIZACIÓN DE UNA EMPACADORA DE GRANOS PARA QUE OPERE
POR ROLLO CONTINUO EN EL MARCO DE MECANOS PARA LA PAZ**

**GIOVANNY ALEXANDER BEDOYA SERNA
BREINER YESID SAENZ BONET
DUVER CAMILO USME USME**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
TECNOLOGÍA EN SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS
MEDELLIN
2025**

**AUTOMATIZACIÓN DE UNA EMPACADORA DE GRANOS PARA QUE OPERE
POR ROLLO CONTINUO EN EL MARCO DE MECANOS PARA LA PAZ**

GIOVANNY ALEXANDER BEDOYA SERNA

BREINER YESID SAENZ BONET

DUVER CAMILO USME USME

Trabajo de grado para optar al título de tecnólogo en sistemas electromecánicos

Asesor técnico:

Elkin Mauricio González Montoya

MSc. en energía

Asesor metodológico:

William Orozco Murillo

MSc. en Gestión del mantenimiento

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA ELÉCTRICA

TECNOLOGÍA EN SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS

MEDELLIN

2025

Contenido

Introducción

1. Planteamiento del problema	12
1.1 Descripción	12
1.2 Formulación	13
2. Justificación	14
3. Objetivos	15
3.1 Objetivo general	15
3.2 Objetivos específicos	15
4. Referentes teóricos	16
4.1 Comunidades en condición de vulnerabilidad	16
4.2 Objetivos de desarrollo sostenible	16
4.3 Máquinas de producción a baja escala	17
4.4 Automatización industrial	18
4.5 Sistemas de control	19
4.6 Controladores lógicos programables	20
4.7 Sensores y actuadores	21
5. Metodología	23
5.1 Tipo de proyecto	23
5.2 Método	23
5.3 Instrumentos de recolección de información.	25
5.3.1 Fuentes primarias.	25
5.3.2 Fuentes secundarias.	25
6. Resultados	26
6.1 Estructura de la máquina empacadora de granos	26

	4
6.2 Automatización del proceso de empaçado	31
6.3 Pruebas y validación del sistema	37
7. Conclusiones	40
8. Recomendaciones	41
9. Referencias bibliográficas	42
10. Anexos	45

Lista de figuras

Figura 1. Estructura de un PLC	21
Figura 2 Control de un proceso industrial	21
Figura 3 Diagrama de realización del proyecto automatización	23
Figura 4 evidencia accesorios faltantes	24
Figura 5 listado de materiales	25
Figura 6 Estructura de la máquina empacadora	26
Figura 7 Tolva y dosificador de la maquina empacadora.	28
Figura 8 diagrama entrada y salida de control	29
Figura 9 Secuencia principal del control de la empacadora	31
Figura 10 Secuencia del control de temperatura	32
Figura 11 Esquema de operación de la máquina empacadora	33
Figura 12 Armado y pruebas de correcta conexión del tablero de control automático	34

Lista de tablas

Tabla 1 Componentes de integración del sistema de automatización de la máquina empacadora	27
--	----

Resumen

El presente proyecto atiende a la necesidad de automatizar una máquina empacadora de grano de producción personal con alimentación continua de cinta plástica, teniendo en cuenta que las máquinas empacadoras que ofrece el mercado hoy en día cumplen esta función y más, pero a costos elevados para personas y comunidades en condición de vulnerabilidad, determinando que las poblaciones de bajos recursos no puedan acceder estas. Se ha llevado a cabo la adaptación de actuadores eléctricos de bajo consumo energético, el control de calentadores eléctricos por impulsos y el diseño de un sistema de control de secuencia basado en eventos de tiempo. Se realizó la selección de materiales y componentes para armar los subensambles de conformado, llenado y control automático. El programa de control automático de la secuencia de empaque se desarrolló para un autómata programable Amp1-F, el cual tiene 8 entradas universales y 8 salidas transistorizadas tipo PNP y alto nivel de conectividad de datos orientado al internet de las cosas. El dispositivo se programó desde la aplicación MgdEsp orientado a las soluciones tecnológicas de rápido prototipado a bajo costo, aplicable a problemas de las comunidades en situación de vulnerabilidad; obteniendo como resultado un medio que promete el mejoramiento de las condiciones de vida para el progreso productivo de una comunidad en el marco del proyecto Mecanos para la paz.

Palabras claves: autómata, empacadora, máquina, actuadores, soportes metálicos.

Abstract

This project addresses the need to automate a grain packaging machine. This machine is designed for personal production with continuous plastic belt feeding. While packaging machines currently available on the market perform this function and more, they come at high costs, making them inaccessible to vulnerable individuals and communities, particularly low-income populations. The project involved adapting low-energy electric actuators, implementing pulse-based electric heater control, and designing a time-based event-driven sequencing control system. Materials and components were selected to assemble the forming, filling, and automatic control subassemblies. The automatic control program for the packaging sequence was developed for an Amp1-F programmable logic controller (PLC), which has eight universal inputs and 8 PNP transistorized outputs, and an elevated level of data connectivity oriented towards the Internet of Things. The device was programmed using the MgdEsp application, designed for low-cost, rapid prototyping technological solutions applicable to problems faced by vulnerable communities. The result is a tool that promises to improve living conditions and foster the productive progress of a community within the framework of the project Mecanos para la paz “.

Keywords: automaton, baler, machine, actuator, slotted bracket

Glosario

Actuador lineal: combina un reductor de velocidad y un motor. Se usa para entregar un movimiento lineal que avanza o retrocede de acuerdo con la polaridad del voltaje aplicado.

Autómata programable: un autómata micro controlado programable, es un dispositivo microelectrónico destinado al control de máquinas de forma versátil y con alto grado de conectividad.

Automatización: es el conjunto de acciones conducentes a dar autonomía a las máquinas y sistemas

Condición de vulnerabilidad: es cuando una persona o grupo de éstas corre el peligro de caer en la pobreza absoluta, dependiendo de aspectos socio económicos de diversa naturaleza e indicadores propios de cada región.

Dosificador de granos: es un dispositivo electromecánico que está compuesto por una tolva, un tornillo y un motor, orientado a entregar cantidades de grano determinadas por la velocidad del motor, el tiempo de operación y posibles retroalimentaciones de peso.

Empacadora de granos: es una máquina destinada a encapsular granos de diferentes dimensiones en envolturas de plástico.

Entradas universales: interfaces de entrada de un controlador microelectrónico programable con capacidad de leer señales digitales y analógicas.

PLC: control lógico programable, es un caso de aplicación de los autómatas programables, orientado al manejo de variables lógicas.

Secuencia de control: es una estructura de programación de dispositivos de control lógico que permite modelar de manera ágil diferentes tipos de aplicaciones basadas en eventos de entrada y de tiempo.

Sellador eléctrico: es un dispositivo compuesto por una resistencia eléctrica, un bloque de homogenización térmica y un aislante para proporcionar suficiente calor con el fin de sellar láminas plásticas.

Tablero de control: permite que una instalación eléctrica funcione en óptimas condiciones ya que en estos se pueden concentrar los dispositivos de conexión, maniobra y protección de un sistema o circuito eléctrico.

Introducción

La industria agroalimentaria en Colombia es un sector que viene desde hace algunas décadas incorporando el uso de las nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y la productividad; aspectos indispensables para satisfacer la gran demanda de alimentos que tiene el país. Uno de los procesos que se quiere optimizar es el del empaçado de granos, ya que resulta ser un cuello de botella en el área de producción si no se realiza de forma eficiente.

Según (Aguilera, 2025) en Colombia el sector agroalimentario se enfrenta a tres fuerzas clave que lo marcan: la digitalización, la automatización y la biotecnología, que están cambiando la forma en que se producen alimentos y se aprovechan los ingredientes naturales. En esta línea, la implementación de un sistema de automatización en la empacadora de granos puede tener un impacto significativo en la reducción de costos, la mejora de la calidad y el aumento de la producción.

El objetivo de este proyecto es implementar un sistema de automatización para una empacadora de granos que opere por rollo continuo. Se buscó crear un sistema de control y proceso que permitiera el trabajo autónomo por un determinado tiempo, diseñar los ajustes electromecánicos a la máquina empacadora ubicada en el laboratorio de Mecanos para la paz e implementar los ajustes y el control automático de la máquina, utilizando un controlador electrónico.

Este sistema permitirá mejorar la eficiencia y la productividad del proceso de empaçado, reduciendo los tiempos de inactividad y mejorando la calidad del producto final.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción

La iniciativa de Mecanos para la paz de la cual la Institución Universitaria Pascual Bravo hace parte implica la elaboración de proyectos prototípicos, que buscan dar soluciones tecnológicas a problemas de las comunidades en situación de vulnerabilidad. De igual forma estas tecnologías deben contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, promulgados por las Naciones Unidas en el año 2015 (Alvarez, Restrepo, Moreno, & Ocampo, 2019)

En muchas zonas rurales de Colombia, el proceso de empaquetado de granos de los campesinos y pequeños emprendedores se realiza de manera manual o artesanal, esta práctica, aunque tradicional genera una serie de problemáticas que afectan la calidad del grano, además de que implica tiempos de inactividad, aumento de los costos de producción y menor calidad del producto entregado ya que se generan errores y defectos en el producto, provocando pérdidas económicas. La realidad del país tampoco ayuda puesto que en zonas rurales se vive en medio de la violencia y el conflicto armado, además de que existe poca inversión en el sector agrícola y mala gestión y manejo en el patrimonio público de los municipios.

El impacto que tiene esta problemática en las pequeñas industrias es significativo y puede afectar su competitividad y sostenibilidad en el mercado. Al diseñar e implementar la automatización de la máquina empacadora de granos se está contribuyendo al cumplimiento de los siguientes objetivos de desarrollo sostenible: Hambre cero, Industria, innovación e infraestructura, y Producción y consumo responsables (Organización de las Naciones Unidas, 2015)

Además, esta automatización permite reducir riesgos para la seguridad de los trabajadores, ya que no tienen que realizar constantemente el cambio de las bolsas en la máquina disminuyendo la exposición a condiciones de trabajo peligrosas, se hace necesario entonces buscar soluciones que permitan mejorar la productividad en el proceso de empaquetado, y es ahí donde este trabajo busca contribuir.

1.2 Formulación

¿Cómo optimizar el proceso de una máquina empacadora de granos utilizando tecnologías de automatización, de forma que opere autónomamente con un rollo continuo generando una mejor eficiencia en la producción?

2. Justificación

Con el desarrollo de este trabajo de grado se buscó contribuir en la iniciativa de Mecanos para la Paz, ya que se estaría promoviendo el desarrollo de tecnologías y soluciones innovadoras que contribuyen a la paz y la estabilidad en poblaciones vulnerables de Colombia.

La implementación de la automatización de la máquina empacadora para que opere automáticamente es un objetivo ambicioso pero pertinente en la agroindustria, ya que este proceso puede generar beneficios significativos como son: mejoras en la productividad y la eficiencia en el empaque de granos, reducción de costos y mejoras en la calidad del producto final.

Además, la implementación de esta tecnología puede generar un impacto positivo en las comunidades, ya que al poder suplir una mayor demanda se generan empleos y oportunidades económicas para las personas en situación de vulnerabilidad.

Por último, este proyecto incentiva la creación de oportunidades para pequeños empresarios con una baja capacidad económica, a través de la generación de alternativas para el establecimiento de procesos productivos eficientes y eficaces multiplicando sus beneficios y consolidando un camino hacia una agroindustria colombiana más competitiva y justa. Teniendo la meta clara de poder ayudar al pequeño agricultor a controlar determinados procesos de producción con sistemas claves en base a modernizaciones de sellado y empaque de los productos agrícolas nacionales, además, poder realizar mejoras de control en tiempos, costos, producción y mano de obra en el sistema agrícola del campesino emprendedor de las zonas más alejadas y poco subdesarrolladas de las regiones de nuestro país.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Implementar un sistema de automatización en la maquina empacadora de grano del proyecto Mecanos para la paz, mediante PLC integrado al sistema de alimentación de grano, con el propósito de mejorar la eficiencia energética de la máquina.

3.2 Objetivos específicos

Diseñar la estructura mecánica de la máquina empacadora de grano asegurando su funcionalidad y eficiencia en el empaqueo de grano.

Diseñar un sistema de automatización que permita el funcionamiento continuo de una empacadora de granos, utilizando tecnología accesible y adaptable a contextos rurales.

Realizar pruebas en el laboratorio del sistema de control implementado en la máquina, para evaluar su desempeño

4. Referentes teóricos

A continuación, podrá analizar los conceptos relacionados con la ejecución de este proyecto, lo que va a permitir una mayor comprensión de la temática.

4.1 Comunidades en condición de vulnerabilidad

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2024) durante el año 2023, Colombia presentó un 33% de su población en situación de pobreza y en términos de pobreza extrema, esta se presentó en un 11.4% de la población.

En 2024 el sector agrícola representó alrededor del 10% del Producto Interno Bruto colombiano, estableciéndose como una base clave de la economía del país. Sin embargo, el 41% de la población rural vive en condiciones de pobreza, lo que afecta a miles de familias agricultoras cuya principal fuente de ingresos es la producción agropecuaria (RTVC, 2025).

Los diferentes gremios agrícolas han venido preparándose y trabajando hacia una agricultura más sostenible no sólo para contribuir en el cambio climático, si no para movilizar sus cosechas y productividad hacia una mejor rentabilidad, sin embargo, la baja productividad sigue siendo un desafío debido a la falta de asistencia técnica, capacitación y acceso a nuevas tecnologías.

4.2 Objetivos de desarrollo sostenible

Los Objetivos de desarrollo sostenible son el plan maestro de la Organización de las Naciones Unidas para conseguir un futuro sostenible para todos. Se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales a los que se enfrenta la humanidad día a día, se espera el cumplimiento de estos objetivos para 2030 (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

Gracias al desarrollo de este proyecto se estaría influyendo en el alcance de las metas de tres de estos objetivos:

Hambre cero: Se busca ofrecer soluciones clave en el sector alimentario y el sector agrícola vitales para la eliminación del hambre y la pobreza.

Industria, innovación e infraestructura: La expansión de nuevas industrias significa una mejora del nivel de vida para gran parte de la población. El medioambiente se verá beneficiado si las industrias aplican prácticas sostenibles.

Producción y consumo responsable: Las soluciones innovadoras y de diseño facilitan e inspiran a las personas a adoptar estilos de vida más sostenibles, lo que reduce su impacto y mejora su bienestar.

4.3 Máquinas de producción a baja escala

Según (GrainPro, 2024) la agricultura a baja escala es alentada por organizaciones en todo el mundo, ya que se le ve como una alternativa sostenible, al tener menores efectos en el medio ambiente y ejercer menos presión sobre los recursos en comparación con la agricultura industrial.

La producción a baja escala hace referencia a la estrategia diseñada para fabricar un número limitado de productos; entre las ventajas más relevantes de implementar este tipo de producción se encuentran: una menor inversión, una mayor flexibilidad, se crean artículos más exclusivos y se reducen costos. En la producción a baja escala se utilizan dispositivos o procesos para fabricar una limitada cantidad de productos, a estos se le conocen como maquinaria de producción a baja escala (Gavin, 2024)

En Colombia se encuentran en el mercado diversas tecnologías que se adaptan a las necesidades de pequeños y grandes productores. Desde opciones verticales hasta sistemas automatizados, a continuación, se mencionan algunas de las máquinas más comunes que se encuentran disponibles en el país:

- Empacadora vertical EVA 2030: Se utiliza para empacar arroz, lentejas, frijol, con capacidad de 15-40 empaques por minuto y precisión en el llenado de 250 a 1000 gramos por ciclo. Su tecnología permite automatizar el formado, llenado y sellado de

bolsas con alta precisión, manteniendo la uniformidad en cada ciclo y reduciendo tiempos muertos en planta (Intertec, 2025)

- Empacadora Volumétrica para Granos 50-1000grs: Esta línea es recomendada para el empaque de café, sal, azúcar, frijol y garbanzo. Equipada con vasos volumétricos dosificadores y barras de sellado fuertes, las cuales dan una moderna y excelente presentación al producto (Americas Maquinaria, 2025)
- TME EG-02: Maquina Empacadora Automática de Granos, con dosificador volumétrico de esclusa neumática (desde 100 g hasta 2.000 g) forma, llena y sella las bolsas tipo cojín de tres sellos, en operación continua (hasta 60 bolsas por minuto) para productos granulados como: arroz, frijol, lenteja, maíz, semillas, concentrados y frutos secos (TME , 2024)

4.4 Automatización industrial

Para (Vázquez, Hernández, Magaña, Gómez, & Garrido, 2023) la automatización es el uso de sistemas o tecnologías para realizar tareas o procesos de manera automática, es decir sin intervención humana directa; implica diseñar, implementar y controlar la tecnología para realizar un proceso de forma más eficiente y precisa.

En la automatización industrial se utilizan elementos y componentes especiales de hardware y softwares dedicados a implementar sistemas de control y monitoreo de un amplio número de variables como temperatura, caudal, presión, distancia y niveles de líquido. Todas estas variables son adquiridas, procesadas y controladas por sistemas de microprocesadores o controladores de procesamiento de datos. (Centro de formación técnica para la industria, s.f.)

Entre las ventajas más relevantes que proporciona el proceso de automatización encontramos mayor eficiencia y productividad, reducción del tiempo empleado en los procesos, se reducen los errores, aumenta la calidad de los resultados y se disminuyen los costos.

4.5 Sistemas de control

Un sistema de control es un conjunto de elementos conectados entre sí con el fin de realizar una tarea específica. En el campo industrial se utiliza un algoritmo (de control) para que una

determinada variable del proceso (variable controlada) se mantenga igual (o dentro de unos márgenes estipulados) a un valor (punto de consigna) modificando si es necesario una variable de entrada (variable manipulada) (Coronel & Peralta, 2009).

Algunas de las ventajas del control automático es que hay mayor calidad de los productos, se economiza en materiales, se reduce la inversión de mano de obra y se facilitan las labores del personal.

Los autores (Coronel & Peralta, 2009) proponen la siguiente composición para los sistemas de control automatizado:

- Sensor: Dispositivo que detecta la variable de salida (temperatura, presión) y la convierte en una señal manejable (eléctrica, neumática) para poder compararla con la referencia deseada.
- Transductor: Basado en un sensor, adapta la señal obtenida a un formato adecuado (amplificación, filtrado) para que el controlador pueda interpretarla correctamente.
- Controlador: Recibe la señal del transductor y, según el valor de referencia, decide qué acción tomar. Genera una señal de control que envía al actuador para ajustar la variable de proceso.
- Líneas de transmisión: Son los medios (cables, tuberías, redes inalámbricas) por los que viajan las señales desde el sensor al controlador y desde éste al actuador.
- Interfaz: Circuito físico que facilita la comunicación entre diferentes subsistemas (entre el controlador y el actuador) permitiendo el envío y recepción de señales de manera compatible.
- Actuador: Dispositivo que ejecuta la acción de control (abre una válvula, mueve un motor) para ajustar la variable de proceso y alcanzar el valor deseado.
- Elementos de registro (opcional) Sirven para almacenar y visualizar el comportamiento de las señales del proceso (registradores de datos, pantallas) y así monitorear el desempeño del sistema.

4.6 Controladores lógicos programables

Un PLC, o controlador lógico programable, es un dispositivo electrónico que tiene una memoria que se puede programar. Su objetivo es supervisar y regular los procesos de producción y las máquinas en las fábricas utilizando tecnología automatizada. La memoria programada almacena las órdenes de control que habilitan al aparato para realizar funciones específicas basadas en los datos que recibe. Se interpreta lo que sucede en el entorno de las máquinas y procesos a través de módulos de entradas y salidas tanto digitales como analógicas (RS Group, 2023)

En (GSL Industrias , 2021) se describe que un PLC presenta una estructura de cuatro componentes (Ver la figura 1):

- **Entrada:** Permite que los datos externos (sensores, botones, señales) sean introducidos al PLC. Transforma estas señales en un formato que la CPU pueda comprender para su posterior procesamiento.
- **Unidad Central de Procesos (CPU):** Interpreta las instrucciones del usuario, procesa la información de entrada y, según los resultados, decide cómo activar o desactivar las salidas.
- **Memoria:** Guarda el programa de usuario y los datos necesarios para que la CPU realice sus operaciones (variables, estados, configuraciones).
- **Salida:** Procesa las señales generadas por la CPU, transformándolas y amplificándolas según sea necesario para manejar actuadores como relés, contactores, motores, válvulas, etc.

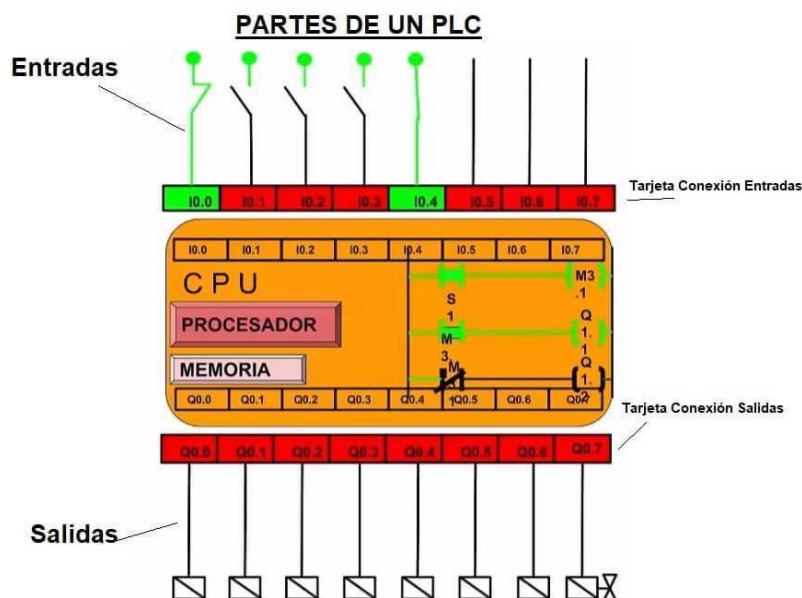


Figura 1. Estructura de un PLC

Fuente: Tomada de AreaTecnologia, s.f, *Autómata programable o PLC*
<https://areatecnologia.com/electricidad/automata-programable.html>

4.7 Sensores y actuadores

Los sensores y actuadores son dispositivos indispensables en todo sistema de control y automatización en las industrias.

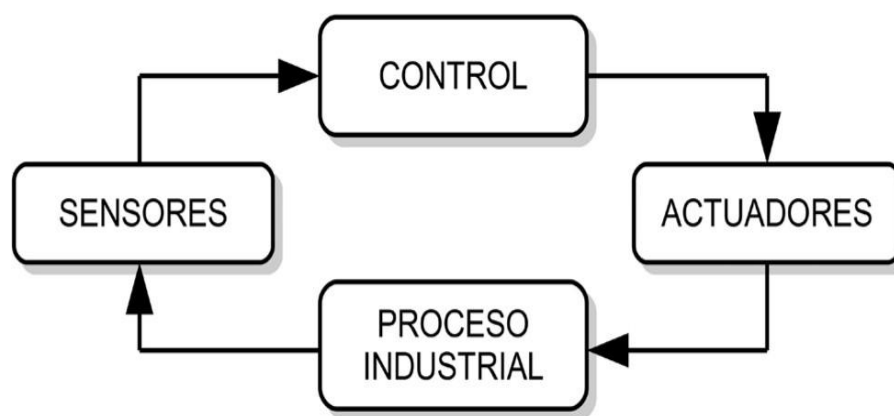


Figura 2 Control de un proceso industrial

Fuente: Tomada de Mascaros, M (s.f), *Control de un proceso industrial*.

De manera general, los sensores son dispositivos que miden las variables de interés del proceso industrial que se pretende controlar (temperatura, presión, caudal, humedad, aceleración,

presencia, velocidad angular o lineal, etc.) proporcionando dicha información a la parte de control (Ver Figura 2). De igual manera, la parte de control, en base a la información que recibe de los sensores, toma decisiones que envía a los actuadores para que el proceso industrial se comporte del modo deseado (Mascaros)

Específicamente en la automatización de la máquina empacadora de granos, los sensores detectan variables como el nivel de grano, peso, temperatura o posición de los empaques, convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas que el controlador (PLC) puede interpretar para tomar decisiones en tiempo real. Por otro lado, los actuadores (motores, válvulas, pistones) ejecutan las acciones necesarias: dosifican el grano, sellan los empaques, mueven las bandas transportadoras o activan alarmas, siguiendo las órdenes del controlador para asegurar un empaquetado preciso, eficiente y seguro.

5. Metodología

La metodología desarrollada para este proyecto de grado se basa en una secuencia ordenada que permite garantizar un diseño funcional en la automatización de la máquina empacadora de granos, este proceso inicia como se ve en el siguiente diagrama de flujo. Ver figura 3.

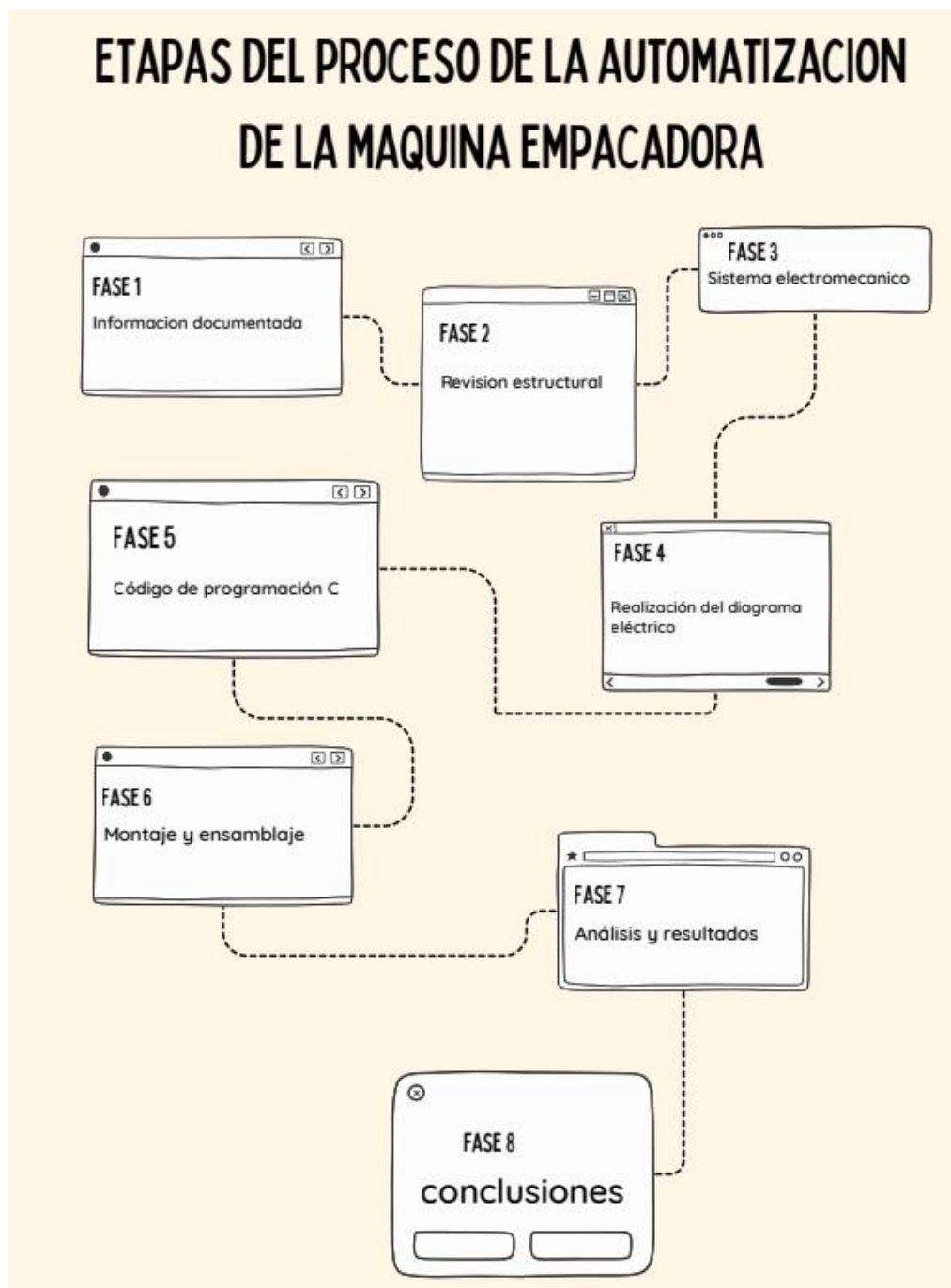


Figura 3 Diagrama de realización del proyecto automatización

Fuente: Diseño propio

5.1. Información documentada

La máquina empacadora de grano se desarrolló tomando como punto de partida una propuesta inicial elaborada por el laboratorio Mecanos para la paz de la institución universitaria pascual bravo, dicho diseño contemplaba los lineamientos básicos fundamentales del sistema mecánico, la estructura preliminar proporcionada incluye elementos fundamentales, pero presentaba componentes sin finalizar para garantizar su pleno funcionamiento como se muestra en la figura (4). Sin embargo, la documentación técnica evidenciaba que varios componentes se encontraban sin finalizar, lo cual impedía garantizar el pleno funcionamiento de la máquina.



Figura 4 evidencia faltante de componentes

Fuente: fotografía propia

5.1.1 Lista de elementos faltantes: al revisar la documentación existente del mismo, se facilitó la lista de los elementos faltantes al equipo de mecanos para la paz, para completar la máquina de cara a su automatización. Ver figura 5.

Listado de materiales tablero

Hoja 1

	A	B	C
1			
2		Tablero plástico 50 x 40x18 IP65	1
3		Segmento de Riel DIN	50 cm
4		Canaleta ranurada 1 pulgada	1 m
5		Borneras para riel DIN	20
6		Pulsador de 22 mm normalmente abierto	2
7		Piloto 12V para tablero	2
8		Prensa estopa media pulgada	2
9		Cable vehicular 18 AWG	20 m
10		Bloque de relevos electromecánicos 12V x 4	2
11		Actuador lineal 12V, 15 cm, 900N	1
12		Actuador lineal 12V, 2.5 cm, 150 N	3
13		Fuente de poder 12V, 10A	1
14		Autómata programable Amp1F 8IN, 8OUT	1
15			
16		Filamento ferroniquel	1 m
17		Termistor de 10k 7 300 celsius	2
18		Correas de amarre - bolsa	1

5.2. Revisión estructural: está compuesta por los planos del diseño mecánico y otros facilitados por el equipo del proyecto de Mecanos para la paz, con la finalidad de determinar los componentes faltantes evidenciados en el punto anterior, permitiendo establecer con precisión el estado inicial de la máquina; a través de esta revisión se identificaron los elementos constructivos presentes y los componentes instalados en la etapa preliminar del proyecto tales como: perfil de aluminio, esquinero lateral y planos estructurales. Ver figura 6.

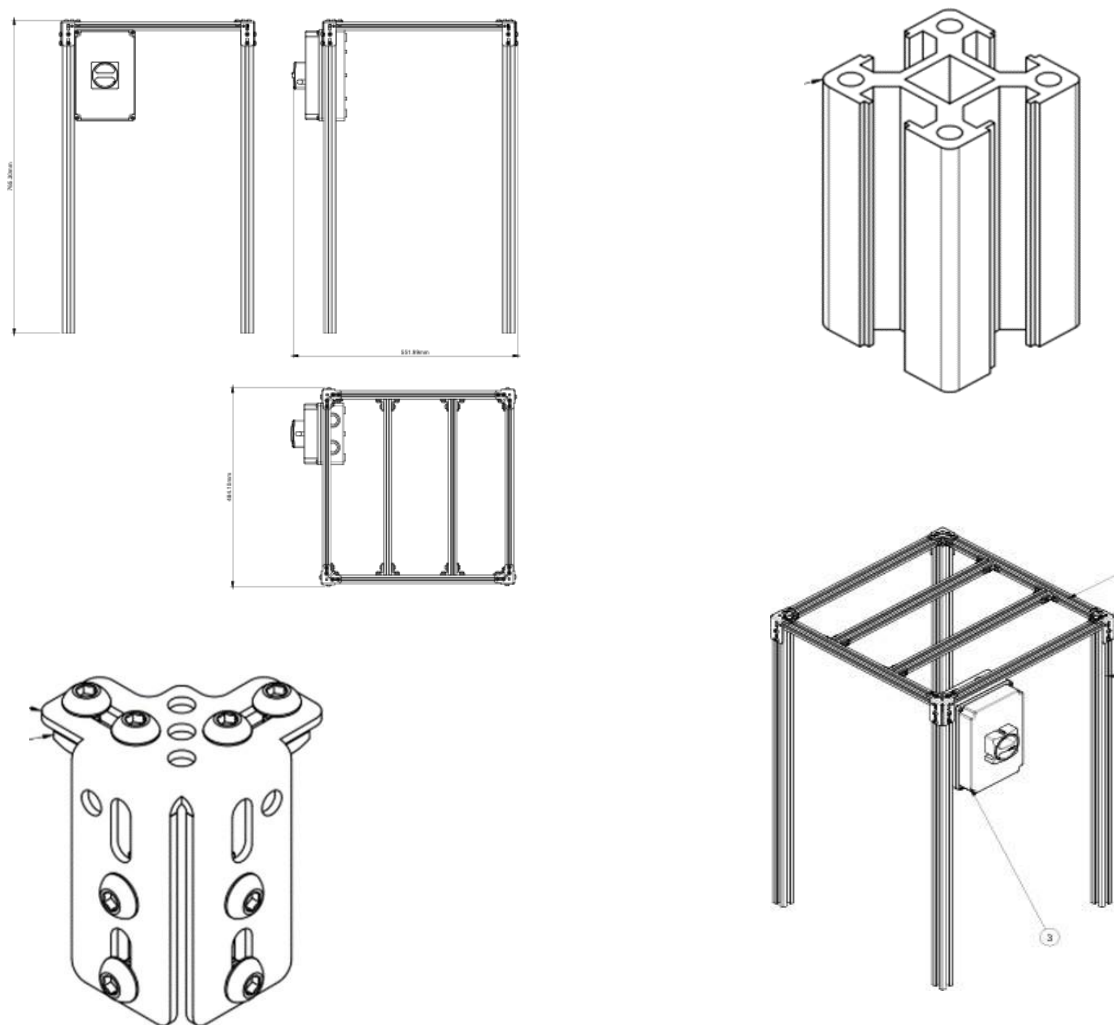



Figura 6 planos estructurales
Fuente: mecanos para la paz

5.3 sistema electromecánico: aquellos elementos que no supe el equipo de docentes de Mecanos para la paz, tales como el sistema de avance del empaque compuesto por un actuador lineal con un bastidor que guía el movimiento del sellador y accesorios para la operación y sujeción de los actuadores lineales. La operación individual de los accesorios que se mencionan a continuación, debe facilitar el diseño del sistema automático y de control, realizando la operación continua, utilizando tecnología accesible y adaptable a contextos rurales y otras en situación de vulnerabilidad. Ver tabla 1.

Tabla 1

En esta tabla se observan las características técnicas de los componentes utilizados en la integración del sistema de automatización de la máquina empaedora de granos.

Componente	Características técnicas
 <p data-bbox="199 1050 638 1119">Autómata programable AMP1 – F Fuente: (TECVOLUCION, s.f.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Procesador de 32 bits ● Dos núcleos con soporte de hasta 240 MHz ● 512KB de RAM ● Comunicación Wifi ● Conector USB para conexión directa a PC para la programación mediante JTAG interno.
 <p data-bbox="199 1413 691 1520">Fuente de alimentación de 12 voltios 5 Amperios Fuente: (WESTOR, s.f.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Protecciones: Cortocircuito, sobrecarga, sobre voltaje, sobre temperatura ● Voltaje de salida: 12VDC ● Corriente de salida: 5 A ● Voltaje de entrada: 85-264VAC ● Frecuencia entrada: 47-63HZ^a ● Potencia: 60W



Tarjeta de relevos

Fuente: (Didácticas electrónicas, 2025)

- Relé de 10A 250VAC
- Voltaje de funcionamiento: 12V.
- Luz indicadora por cada canal
- Se puede seleccionar una tierra común por medio de un Jumper



Actuador lineal de 25 mm

Fuente: (Mercadolibre, 2025)

- Velocidad Máxima: 60 mm por segundo
- Voltaje de operación: 12V
- Longitud del recorrido: 25mm (2.5cm)



Actuador lineal de 150 mm

Fuente: (Mercadolibre, 2025)

- Velocidad Máxima: 90 mm por segundo
 - Voltaje de operación: 12V
 - Longitud del recorrido: 150mm (15cm)
-

5.4 Realización del diagrama eléctrico: correspondiente al tablero de control de secuencias de la máquina empacadora, para lo que se deben seleccionar los materiales, componentes y ensambles de carácter eléctrico y electrónico, a partir del esquema general de trabajo de la máquina. En este caso se debe recurrir a elementos de uso generalizado en el sector de la automatización de pequeñas máquinas.

La primera actividad de la automatización de la máquina empacadora consiste en dibujar el diagrama eléctrico del tablero de control de secuencias, y la posterior selección de los materiales, a partir del esquema general de trabajo. La figura 7 muestra el diagrama eléctrico del tablero de control.

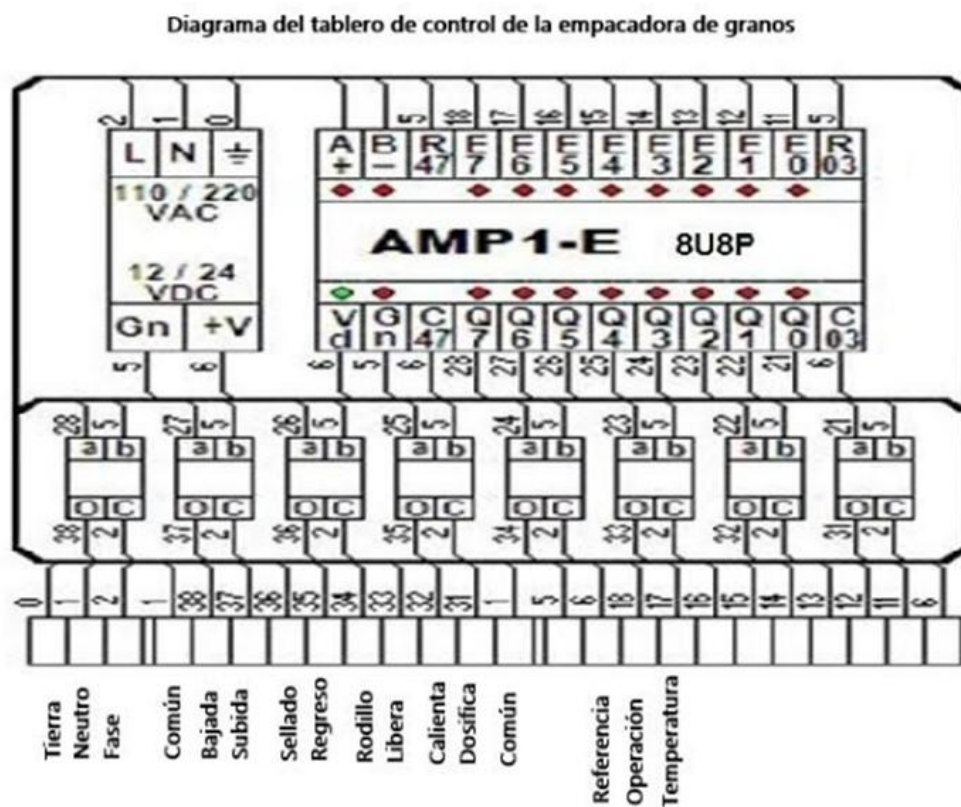


Figura 7 planos estructurales

Fuente: propia

5.5 Código de programación C: el código de programación incluye la lógica de control para el proceso de empaçado, incluyendo la secuencia de llenado y cierre de la bolsa, previo a la escritura del código del sistema es necesario realizar la integración del sistema de automatización a la máquina empaçadora, que se hace mediante la conexión de un autómata programable AMP1-F, que se encarga de controlar el proceso de empaçado. El AMP1-F y se alimenta con una fuente de 12VDC, que proporciona la energía necesaria para su funcionamiento

La automatización del proceso de empaçado permite mejorar la eficiencia y reducir los errores humanos. En este sentido, se ha diseñado un sistema de control que integra un controlador lógico programable Amp1-F para gestionar el proceso de empaçado de manera automática. La figura 8 muestra el diagrama de entradas y salidas de control, que ilustra la conexión entre los sensores, actuadores y el autómata programable.



Figura 8 Diagrama de entradas y salidas del control
Fuente: diseño propio

El diagrama de secuencia del proceso de empaçado se muestra en la figura 9, y describe los pasos que se siguen para empaçar los granos activando secuencialmente los actuadores lineales, los motores y los elementos de calentamiento, luego de diferentes pruebas con la máquina física se ha establecido que es suficiente desarrollar el control por eventos de tiempo sin necesidad de la detección de finales de carrera, lo cual disminuye los eventos futuros de mantenimiento y fallos.

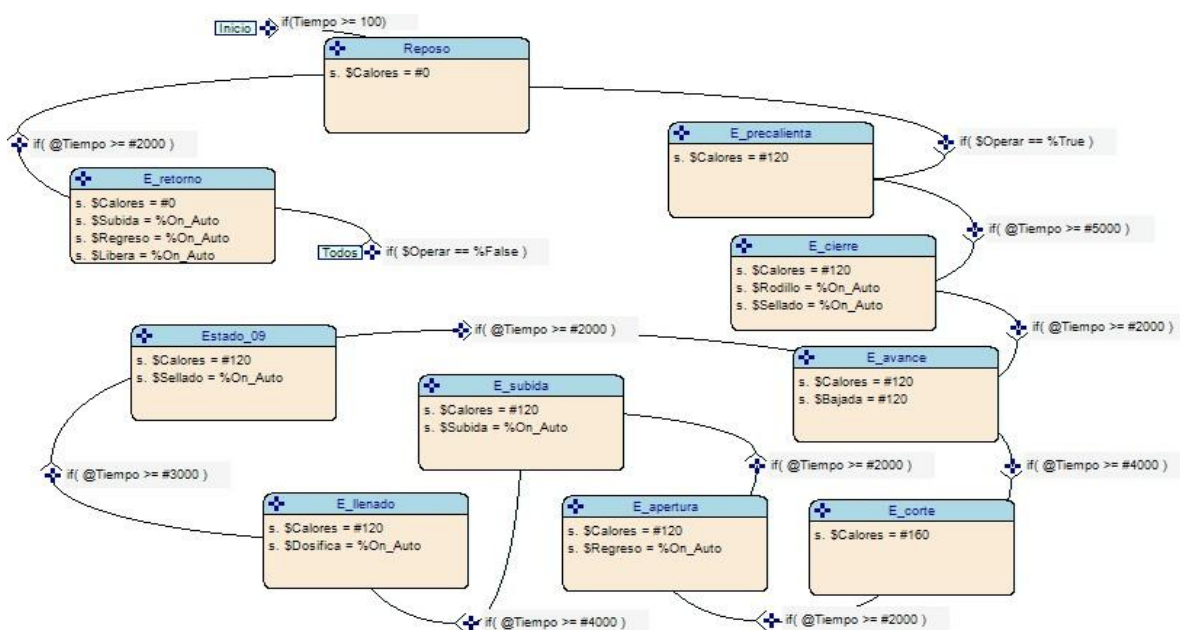


Figura 9 Secuencia principal del control de la empacadora

Fuente: diseño propio

El proceso inicia al detectar la activación del interruptor de operación supone un tiempo inicial de calentamiento, tras lo cual se cierra el sello y baja el actuador vertical para crear una bolsa sellada verticalmente. Esto implica la presencia de una bolsa vacía en la posición de empacado, seguido de la operación del dosificador de granos y el inicio del llenado de la bolsa. Una vez que la bolsa esté llena, se detiene el dosificador, se abre el sellador, sube el actuador vertical y se activa el sistema de cierre de la bolsa.

La figura 10 muestra la secuencia de control de la temperatura que ilustra la lógica de control para mantener la temperatura dentro de un rango establecido. El proceso de control de la temperatura se realiza en consonancia con la secuencia principal de sellado. Este se inicia al detectar la activación del interruptor de operación de la empacadora. Dicha secuencia realiza un control del tipo ON-OFF que es suficiente para mantener la temperatura del sellador horizontal de la máquina debido a la baja velocidad de operación que implica el empleo de baja potencia de calentamiento y bajas demandas de transferencia térmica. Este proceso se establece para plásticos tipo polipropileno de baja densidad, que requiere una temperatura promedio de 95 grados Celsius.

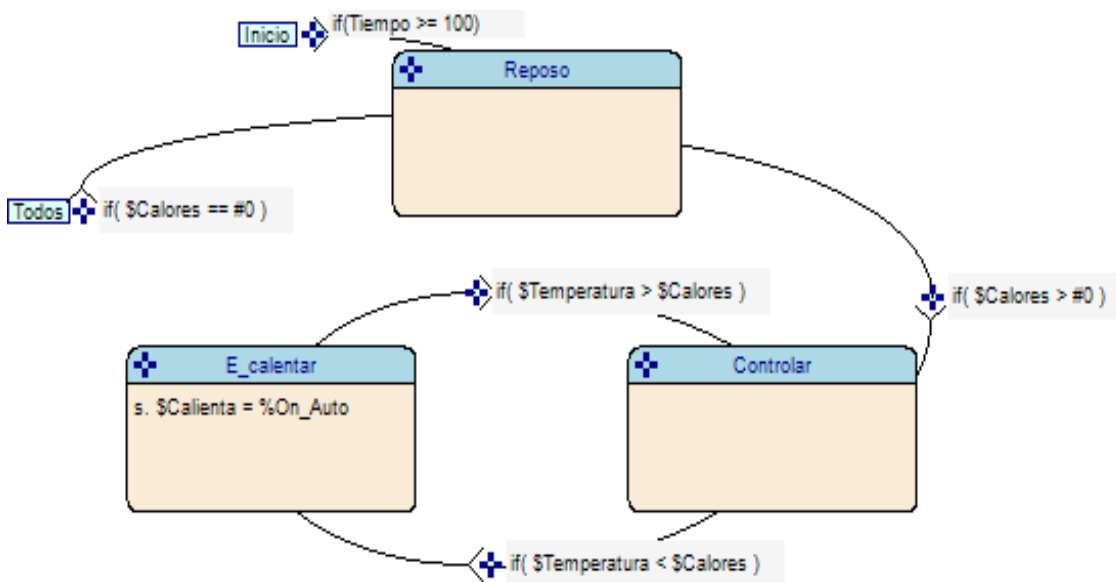


Figura 10 Secuencia del control de temperatura

Fuente: diseño propio

5.6 Montaje y ensamblaje: La figura 11 presenta una vista frontal del tablero de control de la máquina, encerrado en una caja plástica que cumple norma IP65 y compuesto por el autómata programable Amp1-F, la fuente de alimentación de 12 voltios a 5 Amperios, el módulo de relevos de 10 Amperios con bobinas de 12 voltios, la canaleta ranurada para guiar los cables y la bornera para conectar la acometida de 110 voltios de alterna y los actuadores de la máquina, se conecta una tarjeta de relevos que actúa como interfaz entre el AMP1-F y los actuadores de la máquina, como el actuador lineal que controla la apertura y cierre de la válvula de alimentación. El actuador lineal se encarga de mover el dosificador de alimentación para permitir o bloquear el flujo de granos hacia la bolsa. De esta manera, el AMP1-F puede controlar el proceso de empaclado de manera automática, garantizando una mayor precisión y eficiencia en el proceso.



Figura 11 tablero de control de la empacadora

Fuente: propia

5.7 Análisis y resultados: al terminar el montaje y conexión eléctrica de los componentes instalados en el proceso, se debe realizar la revisión de sus partes propuestas en este trabajo de grado como pieza fundamental para el buen funcionamiento y la robustez del sistema. Finalmente se debe programar la máquina y correr el programa para establecer que se cumpla la secuencia y que los parámetros de consumo no excedan los 60 Watts propuestos en la metodología de Mecanos para la paz.

La figura 12 muestra el proceso de ensamble del tablero de control y pruebas de correcta interconexión siguiendo la estrategia de “doing it right the first time” (hacerlo bien a la primera). La estrategia se aplica conectando una sección, verificando la solidez física, revisando el ajuste de las bornas y verificando continuidad y ausencia de cortocircuitos.



Figura 12 Armado y pruebas de correcta conexión del tablero de control automático
Fuente: propia

Luego de la integración y las pruebas del hardware, se procede a la primera energización, tras lo cual se medirá con voltímetro cada uno de los voltajes de acometida, alimentación DC, comunes de los actuadores y tensión para los sensores y elementos de maniobra. Esto permitirá realizar la programación de la máquina empacadora con el código de programación realizado en lenguaje C, mediante herramientas de descarga cableada, tras lo cual se procede a la desenergización y la primera prueba de operación final.

Al energizar el autómata programable se enciende el LED azul indicando que el dispositivo está correctamente energizado y la aplicación almacenada en la memoria está siendo ejecutada. Cada vez que se activa una de las entradas se enciende el LED que está al frente de esta. Cada que el programa activa una salida digital, se enciende el LED que está al frente de la salida. Estos elementos de indicación permiten verificar la correcta operación del sistema de automatización y de esa manera hacer diagnósticos rápidos en casos de malfuncionamiento del sistema. También permiten verificar cuáles salidas están energizadas en cada paso de la secuencia de control.

En las pruebas eléctricas se comprueban los circuitos, estas pruebas determinan si ocurre alguna falla por conexión o si funcionan correctamente en conjunto, se basan en tomar las mediciones de voltaje y corriente de los circuitos eléctricos que conforman el sistema en funcionamiento normal. De tal forma, el analizador de carga y sistemas eléctricos FLUKE, permite capturar y

registrar automáticamente la tensión, la corriente, los armónicos y los valores asociados a la calidad eléctrica.

Los ensayos se realizan revisando el diagrama eléctrico de la figura 12, que se realizó en el software Mgdmod. Este ayuda para montar el tablero eléctrico de la máquina empacadora de grano de producción personal. El diagrama eléctrico indica cómo se debe conectar el autómata programable. No obstante, se puede observar en el diagrama que se tienen dos entradas (operación y temperatura) y seis salidas (motor dosificador, resistencia de calentamiento, sellado, regreso, bajada y subida), se muestra el positivo (A+) y el negativo (B -) para las comunicaciones en bus de campo, los voltajes que se manejan en corriente directa, la alimentación de la fuente en tensión alterna indica cual es la fase, la neutra y el polo a tierra.

Luego de las pruebas físicas, se realiza la programación desde el software MgdEsp el cual permite la creación de los diagramas de entrada y salida, así como la codificación del programa en lenguaje C. se dispone de un cable mini USB para descargar el código de operación al autómata programable AMP1-F. Una de las ventajas de este tipo de control, es la optimización del tiempo para la puesta en funcionamiento, presentando facilidad para incorporar, en un futuro, una interfaz hombre-máquina mediante sus protocolos de comunicación.

Finalmente, se realizaron las pruebas en el prototipo en la parte mecánica, eléctrica y de control; con la finalidad de comprobar el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas, así como también el cumplimiento de las pruebas mecánicas en vacío y con carga.

Las pruebas de funcionamiento se realizan con el fin de sincronizar correctamente el prototipo de la máquina empacadora de grano de producción personal y asegurar el correcto funcionamiento de esta, dentro de las pruebas que se realizaron, se tiene las pruebas de sellado y las pruebas de eficiencia.

Estos análisis permiten verificar si el sistema funciona o no, independientemente de la forma en que lo haga. Por ende, se procede a conmutar el botón de operación de la máquina empacadora de grano de producción personal, contemplando funcionamiento normal y casos de errores, para verificar los siguientes puntos: El total funcionamiento de los circuitos, pasar de estado de reposo

al funcionamiento del actuador lineal generando que el sistema de llenado, empaque y sellado estén en funcionamiento.

De lo anterior se establece que el tiempo de ciclo es de 15 segundos y la temperatura adecuada para el correcto sellado es a una temperatura de 95 °C. Se obtuvo que el resultado promedio del número de empaques (se toma como referencia el grano de arroz) por minuto es aproximadamente 4 empaques, el cual haciendo cálculos podemos estimar el número de empaques por hora $4 \text{ (empaques / minutos)} \times 60 \text{ (minutos / hora)} = 240 \text{ empaques / hora}$. Cabe anotar que 1 empaque tiene 200 gramos. $240 \text{ empaques} * 200 \text{ gramos} = 48000 \text{ gramos}$ que corresponde a 48 kilos. Se observa que el resultado promedio de kilos para 240 empaques de grano es de 48 kg.

El día 28 de noviembre de 2025, al equipo de desarrollo del proyecto mecanos para la paz se entrega la máquina con funcionamiento completo de los elementos cinemáticos de sellado y arrastre de la película de empaque, el funcionamiento del control de temperatura (probado en resistencia externa con retroalimentación por termistor de 10K) y los códigos fuente de la operación del sistema de automatización en formato mgx.

5.8 Conclusiones:

El día 23 de febrero de 2025 nos presentan un proyecto de mecanos para la paz con la finalidad de registrar un trabajo de grado en el departamento de eléctrica. Realizamos una presentación a los docentes asesores asignados al trabajo de grado, en el mes de agosto de 2025 y se entregó para ajustes mecánicos al proveedor de servicios técnicos de Mecanos para la paz, la primera semana del mes de septiembre. Se estableció que se deberían agregar los sistemas de avance de cinta, mediante dos actuadores lineales de 12 voltios, el sistema de dosificación compuesto por tolva, tornillo y motor (que estaba en proceso de montaje, producto de intervenciones pasadas), el sistema de calentamiento por resistencia de ferróníquel y módulo de inducción y el soporte del rollo de cinta plástica.

El día 5 de noviembre, el proveedor de servicios técnicos recibió la orden de no continuar los trabajos de adecuación de la máquina empacadora. La orden provino de la dirección de Vinculación y transformación social (a la cual está adscrito el proyecto de Mecanos para la paz - fase social), basada en que los indicadores del plan de desarrollo institucional ya habían sido cumplidos y no se iba a hacer más inversiones en la construcción de otras máquinas, sino solamente en los viajes de acompañamiento a las comunidades.

El día 14 de noviembre recibimos el prototipo de empacadora, de parte del proveedor de servicios técnicos con el sistema de avance de cinta compuesto por dos actuadores lineales y una serie de accesorios de sujeción y guía, un sistema de sellado vertical compuesto por dos rodillos de metal sensible a la inducción electromagnética, un sistema de dosificación compuesto por tolva, tornillo y motorreductor DC de 4 Nm, una placa de soporte de los elementos entregados. No se entregó el sistema de calor para el sellado del plástico, ni la instalación física del módulo de calentamiento por inducción, ni el sistema de soporte, guía y frenado del rollo de cinta plástica. Tampoco se entregó el cono de conducción de los granos, desde el dosificador hasta la bolsa pre armada.

El día 21 de noviembre, nos entregan el prototipo del trabajo de grado de la máquina empacadora para su automatización. En ese momento nosotros como parte del estudio y proceso que se venía adelantando ya habían construido un tablero de control, el cual había sido ensayado con actuadores lineales similares a los de la máquina, con interruptores electromecánicos y con un módulo de calentamiento y sensor de temperatura.

El diseño del sistema de control para una máquina de baja velocidad permite operar exclusivamente mediante una secuencia de tiempo, lo que reduce significativamente la cantidad de componentes de hardware necesarios. Esto no solo abarata los costos de fabricación y mantenimiento, sino que también simplifica la lógica de programación y minimiza puntos de fallo, contribuyendo a una mayor robustez y fiabilidad del equipo.

La conversión de una máquina de empaque con plástico tubular a una de rollo continuo implicó la adición de dos cilindros de avance y sellado con operación eléctrica. Esta elección facilita el desplazamiento de la máquina y su uso inmediato en zonas remotas o no interconectadas, ampliando su alcance a comunidades vulnerables. La versatilidad eléctrica permite su instalación en áreas con acceso limitado a infraestructura, promoviendo la inclusión productiva.

La utilización del entorno de desarrollo Amp1-F + MgdEsp fue fundamental para implementar de manera robusta el control secuencial basado en los conceptos básicos de operación deseada. Gracias a esta plataforma, se logró desarrollar el proyecto en un tiempo corto, optimizando el ciclo de diseño y permitiendo ajustes rápidos durante las fases de prueba. La simplicidad del entorno facilitó la programación y depuración, reduciendo el margen de error.

Las pruebas de operación demostraron que la máquina puede empacar 48 kilogramos de arroz por hora, una capacidad suficiente para generar un flujo de ingresos estable para una familia en condición de vulnerabilidad. Este nivel de producción permite cubrir necesidades básicas y alcanzar niveles de subsistencia sostenibles, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades beneficiadas.

Al operar con un sistema de control basado en secuencias de tiempo y componentes eléctricos, la máquina presenta un bajo consumo energético, lo que se traduce en menores costos operativos y una huella de carbono reducida. Esto es especialmente relevante en zonas donde la energía es limitada o costosa.

El día 28 de noviembre de 2025, al equipo de desarrollo del proyecto mecanos para la paz se entrega la máquina con funcionamiento completo de los elementos cinemáticos de sellado y arrastre de la película de empaque, el funcionamiento del control de temperatura (probado en resistencia externa con retroalimentación por termistor de 10K) y los códigos fuente de la operación del sistema de automatización en formato mgx.

6. Recomendaciones

El prototipo ha sido diseñado inicialmente para trabajar con arroz y lenteja, pero su estructura permite adaptarse a otros tipos de granos siempre que estos tengan características similares en cuanto a tamaño, forma, densidad y flujo (ej. frijol, maíz triturado, quinua). Se recomienda realizar pruebas de compatibilidad con cada nuevo producto, ajustando parámetros como la velocidad de dosificación, el tiempo de apertura de la tolva y la presión de sellado para asegurar un empaque óptimo y evitar obstrucciones.

A diferencia de una máquina industrial de alta velocidad, una máquina de producción personal como la desarrollada se caracteriza por sus bajos volúmenes de producción. Esta condición implica una menor velocidad de operación, lo que a su vez genera un desgaste reducido de piezas no costosas, prolongando su vida útil y disminuyendo costos de mantenimiento. Además, el bajo consumo energético la hace ideal para entornos con limitaciones de potencia o donde se busca maximizar la eficiencia.

Establecer un plan de mantenimiento preventivo que incluya limpieza de tolvas, revisión de motores y cilindros, lubricación de partes móviles, y verificación de conexiones eléctricas. Esto garantizará la durabilidad y confiabilidad del equipo a lo largo del tiempo, especialmente en entornos rurales.

Se recomienda completar las siguientes fases de control de sellado, control de calentamiento por inducción e interfaz por enlace IoT, por parte de estudiantes de Tecnología en sistemas mecatrónicos, una vez que se liberen nuevos recursos y la máquina pueda ser intervenida por proveedores de servicios técnicos, para completar todos los elementos que no fue posible implementar en esta ocasión

Referencias bibliográficas

- Aguilera, A. (20 de febrero de 2025). *El futuro de la industria agroalimentaria en Colombia en 2025*. Obtenido de Economía y Desarrollo:
<https://economyydesarrollo.com/2025/02/20/el-futuro-de-la-industria-agroalimentaria-en-colombia-en-2025/>
- Alvarez, B., Restrepo, N., Moreno, C., & Ocampo, C. (12 de Junio de 2019). *XVIII Congreso Internacional de Análisis Organizacional “Transformaciones y Nuevas Formas de Organización. A Dos Décadas del Siglo XXI” “Mecanos para la paz”*. Obtenido de Institución Universitaria Pascual Bravo :
<https://www.remineo.org/repositorio/memorias/ciao/xviiiicio/wp-content/uploads/2020/10/Mecanos-para-la-paz.pdf>
- Americas Maquinaria. (2025). *Empacadora Volumétrica para Granos 50-1000grs*. Obtenido de <https://americasmaquinaria.com/producto/empacadora-vertical-de-vasos-volumetricos-para-ganulados/>
- Centro de formacion tecnica para la industria. (s.f.). *Automatización Industrial: Qué es y cómo funciona*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-automatizacion-industrial/>
- Coronel, P., & Peralta, P. (2009). *Diseño e implementacion de un sistema PID para el control del nivel de un tanque dearrollado con el PLC siemens S7-200*. Obtenido de Universidad del Azuay- Facultad de ciencia y tecnologia:
<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/217/1/07271.pdf>
- Didacticaselectronicas. (2025). *Tarjeta optocoplada de ocho canales para PLC*. Obtenido de <https://www.didacticaselectronicas.com/shop/opto-8ch-3-3v-24v-tarjeta-optocoplada-de-ocho-canales-para-plc-3-3-5v-in-3-6-30v-out-48813?category=79#attr=>
- Gavin, L. (28 de Mayo de 2024). *Fabricación de bajo volumen: tipos, beneficios y aplicaciones*. Obtenido de ARIA MANUFACTURING LIMITED:
<https://www.madearia.com/es/blog/low-volume-manufacturing/>

GrainPro. (1 de Octubre de 2024). *Agricultura a baja escala: apoyo a los pequeños agricultores*.

Obtenido de

<https://news.grainpro.com/es/agricultura-a-baja-escala-apoyo-a-los-pequenos-agricultores>

GSL Industrias . (31 de Julio de 2021). *Arquitectura del PLC*. Obtenido de

<https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/arquitectura-del-plc>

Intertec. (2025). *EMPACADORAS VERTICALES EVA 2030*. Obtenido de

<https://intertec.com.co/producto/empacadoras-verticales-eva-2030/>

Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada. *CienciAmérica ISSN-e 1390-9592, Vol. 3, N°. 1,*

47-50.

Mascaros, M. (s.f.). *INTEGRACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES INTELIGENTES EN LA INDUSTRIA 4.0: LA TECNOLOGÍA IO-LINK*. Obtenido de Generalitat Valenciana:

<chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/427/MASCAROS%20MATEO.pdf>

Mercadolibre. (2025). *Actuador lineal de 25 mm*. Obtenido de

https://www.mercadolibre.cl/actuador-lineal-dc-12v-1000n-stroke-150500-mm-elevador-ele/up/MLCU139688676#polycard_client=search-nordic&search_layout=stack&position=15&type=product&tracking_id=910c011c-cd0e-4aa4-9980-65b4c736ae36&wid=MLC2251628020&sid=search

Mercadolibre. (2025). *Actuador lineal de 25mm*. Obtenido de

https://www.mercadolibre.cl/actuador-lineal-dc-12v-1000n-stroke-150500-mm-elevador-ele/up/MLCU139688676#polycard_client=search-nordic&search_layout=stack&position=15&type=product&tracking_id=910c011c-cd0e-4aa4-9980-65b4c736ae36&wid=MLC2251628020&sid=search

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*.

Obtenido de

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>

PNUD. (9 de Agosto de 2024). *Panorama de Colombia en 2024: Logros, retos y claves para evitar un aumento de la pobreza en un escenario de baja inversión*. Obtenido de

<https://www.undp.org/es/colombia/discursos/panorama-colombia-logros-retos-claves-evitar-aumento-pobreza-escenario-baja-inversion>

RS Group. (29 de Agosto de 2023). *Guía de PLC (Controladores lógicos programables)*.

Obtenido de <https://es.rs-online.com/web/content/blog-rs/ideas-consejos/guia-plc>

RTVC. (29 de Mayo de 2025). *Más de 10 millones de dólares se han destinado al agro colombiano en zonas vulnerables*. Obtenido de

<https://www.rtvcnoticias.com/economia/economia-agro-colombiano-2025-zonas-vulnerables>

TECVOLUCION. (s.f.). *AMPI – F*. Obtenido de <https://www.tecvolucion.net/wp1/?p=156>

TME . (2024). *Maquina Empacadora Automática de Granos EG-02*. Obtenido de

<https://tme.com.co/maquinas/eg-02/>

Vázquez, M., Hernández, A., Magaña, J., Gómez, J., & Garrido, J. (Septiembre de 2023).

Beneficios de implementar la automatización en la industrialización de procesos .

Obtenido de Tecnológico Nacional de México:

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://iydt.wordpress.com/wp-content/uploads/2023/07/3_24_beneficios-de-implementar-la-automatizacion1.pdf

WESTOR. (s.f.). *Fuente de Alimentación Switching 5V 5A S-25-5 WESTOR*. Obtenido de 2025:

<https://westor.pe/fuente-de-alimentacion-switching-5v-5a-s-25-5-westor/>

Zapata, E. (Enero de 2010). *Diseño de una maquina empacadora, dosificadora y selladora de fundas para arroz*. Obtenido de Escuela politecnica nacional:

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1287/1/CD-2667.pdf>

7. Anexos

Anexo 1:

Código del programa de control de la secuencia de empaque de granos.

```

void Control_Empaque(void){
    abreTarea(N02_CONTROL);
    digout(IFZ06, false);
    digout(IFZ04, false);
    digout(IFZ02, false);
    digout(IFZ03, false);
    digout(IFZ05, false);
    digout(IFZ04, false);
    digout(IFZ06, false);
    digout(IFZ00, false);
    digout(IFZ05, false);
    if(diginp(IFZ00) == false)
        stateindic[N02_CONTROL] = (N02_E_RETORNO | 0x80);
    switch(stateselct(N02_CONTROL, 20)){
        case N02_ARR_SEC:
            if(statetimer[N02_CONTROL] >= 100)
                stateindic[N02_CONTROL] = (N02_REPOSO | 0x80);
            break;
        case N02_REPOSO:
            modbusHldg[0] = 0;
            if(slwinp(IFZ00) == true)
                stateindic[N02_CONTROL] = (N02_E_PRECALIENTA | 0x80);
            break;
        case N02_E_PRECALIENTA:
            modbusHldg[0] = 120;
            if(statetimer[N02_CONTROL] >= 5000)
                stateindic[N02_CONTROL] = (N02_E_CIERRE | 0x80);
            break;
        case N02_E_RETORNO:
            modbusHldg[0] = 0;
            digout(IFZ06, true);
            digout(IFZ04, true);
            digout(IFZ02, true);
            if(statetimer[N02_CONTROL] >= 2000)
                stateindic[N02_CONTROL] = (N02_REPOSO | 0x80);
            break;
        case N02_E_CIERRE:
            modbusHldg[0] = 120;
            digout(IFZ03, true);
            digout(IFZ05, true);
            if(statetimer[N02_CONTROL] >= 2000)
                stateindic[N02_CONTROL] = (N02_E_AVANCE | 0x80);
            break;
    }
}

```

```
case N02_E_AVANCE:
    modbusHldg[0] = 120;
    salevalor[7] = 120;
    if(statetimer[N02_CONTROL] >= 4000)
        stateindic[N02_CONTROL] = (N02_E_CORTE | 0x80);
    break;
case N02_E_CORTE:
    modbusHldg[0] = 160;
    if(statetimer[N02_CONTROL] >= 2000)
        stateindic[N02_CONTROL] = (N02_E_APERTURA | 0x80);
    break;
case N02_E_APERTURA:
    modbusHldg[0] = 120;
    digout(IFZ04, true);
    if(statetimer[N02_CONTROL] >= 2000)
        stateindic[N02_CONTROL] = (N02_E_SUBIDA | 0x80);
    break;
case N02_E_SUBIDA:
    modbusHldg[0] = 120;
    digout(IFZ06, true);
    if(statetimer[N02_CONTROL] >= 4000)
        stateindic[N02_CONTROL] = (N02_E_LLENADO | 0x80);
    break;
case N02_E_LLENADO:
    modbusHldg[0] = 120;
    digout(IFZ00, true);
    if(statetimer[N02_CONTROL] >= 3000)
        stateindic[N02_CONTROL] = (N02_ESTADO_09 | 0x80);
    break;
case N02_ESTADO_09:
    modbusHldg[0] = 120;
    digout(IFZ05, true);
    if(statetimer[N02_CONTROL] >= 2000)
        stateindic[N02_CONTROL] = (N02_E_AVANCE | 0x80);
    break;
default:
    stateindic[N02_CONTROL] = (N02_ARR_SEC | 0x80);
    break;
}
cierraTarea(N02_CONTROL);
}
```

Anexo 2:

Código del programa de la secuencia de control de temperatura.

```
void Control_Temperatura(void){

    abreTarea(N03_Tarea_00);
    digout(IFZ01, false);
    if(modbusHldg[0] == 0)
        stateindic[N03_Tarea_00] = (N03_REPOSO | 0x80);
    switch(stateselct(N03_Tarea_00, 20)){
        case N03_ARR_SEC:
            if(statetimer[N03_Tarea_00] >= 100)
                stateindic[N03_Tarea_00] = (N03_REPOSO | 0x80);
            break;
        case N03_REPOSO:
            if(modbusHldg[0] > 0)
                stateindic[N03_Tarea_00] = (N03_CONTROLAR | 0x80);
            break;
        case N03_CONTROLAR:
            if(medicion[1] < modbusHldg[0])
                stateindic[N03_Tarea_00] = (N03_E_CALENTAR | 0x80);
            break;
        case N03_E_CALENTAR:
            digout(IFZ01, true);
            if(medicion[1] > modbusHldg[0])
                stateindic[N03_Tarea_00] = (N03_CONTROLAR | 0x80);
            break;
        default:
            stateindic[N03_Tarea_00] = (N03_ARR_SEC | 0x80);
            break;
    }

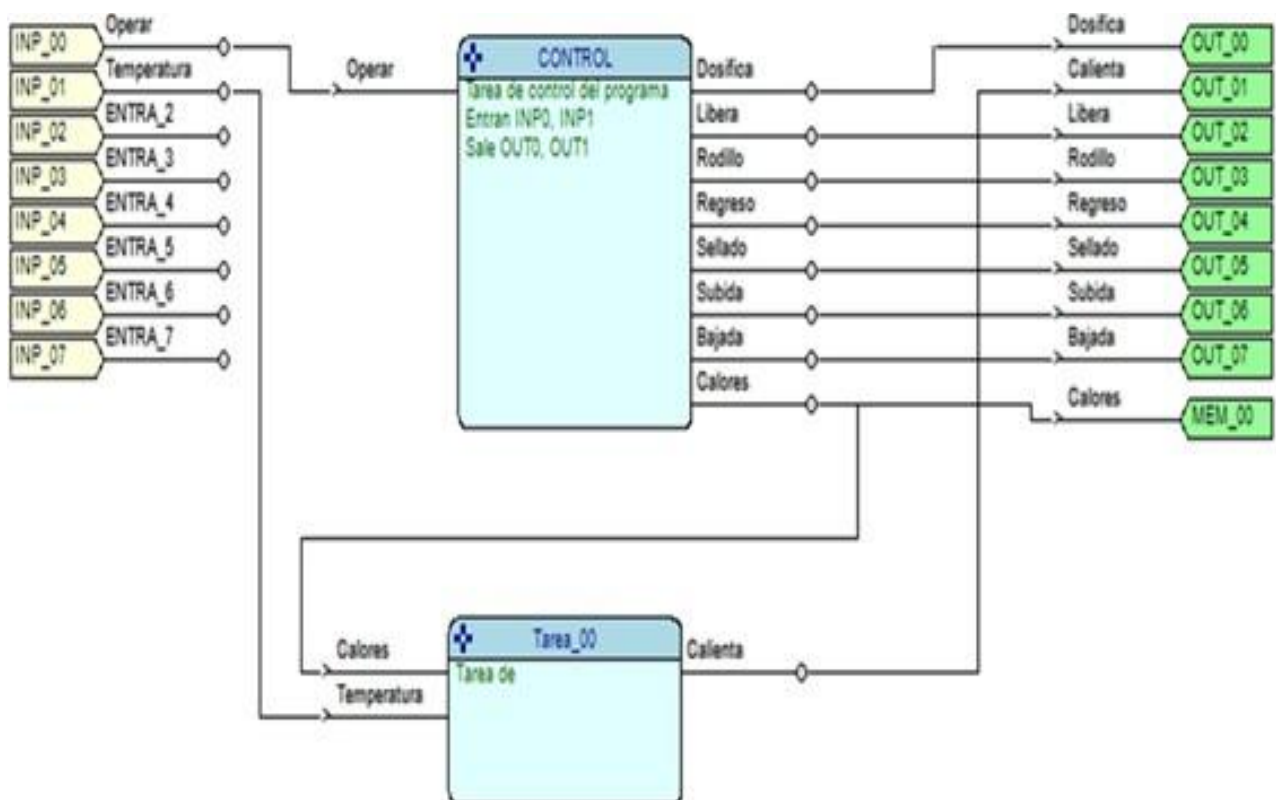
    cierraTarea(N03_Tarea_00);
}
```

Anexo 3

Plan

Anexo 4

Diagrama de entradas y salidas del control de la secuencia de empacado



Anexo 5

Diagrama de secuencia de empacado de la máquina

