



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**ADECUACIÓN DEL PROCESO
DE EMPAQUETADO DE LAS
MÁQUINAS 011 Y 07 PARA LA
EMPRESA GALLETERA
TRIGO DE ORO, C.A.**

Autor:
Lopiparo, Gian

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241)8714240 (master) - Fax: (0241)8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**ADECUACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO
DE LAS MÁQUINAS 011 Y 07 PARA LA EMPRESA
GALLETERA TRIGO DE ORO, C.A.**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Autor: Lopiparo, Gian
C.I.: 26.074.672
Tutor: Ing. Jesús Rodríguez

San diego, marzo 2020



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PAEZ
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Jesús Rodríguez, titular de la cédula de identidad N° 4.475.349, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano LOPIPARO GIAN titular de la cédula de identidad N° 26.074.672, titulado "ADECUACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO DE LAS MÁQUINAS 011 Y 07 PARA LA EMPRESA GALLETERA TRIGO DE ORO, C.A.", presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Electrónica, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 25 días de septiembre del año 2019

Ing. Jesús Rodríguez.

C.I.: 4.475.349



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PAEZ
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

San Diego, septiembre del 2019

ACTA DE REVISIÓN METODOLÓGICA DEL TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado:
**ADECUACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO DE LAS MÁQUINAS
011 Y 07 PARA LA EMPRESA GALLETERA TRIGO DE ORO, C.A.** ha sido
revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su
tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Ing. Jesús Rodríguez.
Tutor Académico


Firma

25/09/19
Fecha

Ing. Alicia De Pizzella
Tutor Metodológico


Firma

25-9-19
Fecha

PLANILLA SOLICITUD: ANÁLISIS Y APROBACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

DATOS PERSONALES		
Apellidos: Lopiparo Rodríguez	Nombres: Gian Franco	C.I.: 26.074.672
Dirección: Urb Tulipán 33, Apartamento G-22. San diego, Carabobo.		Teléfono: 0414-0570597
DATOS ACADÉMICOS		
Escuela: Ingeniería Electrónica	Índice Académico	12,80
DATOS DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO		
Autores		
Nombre: <u>Lopiparo Rodríguez Gian Franco</u> Teléfono: <u>0414-0570597</u>		
Título del Trabajo: <u>Automatización del proceso de fabricación y empaquetado de galletas para la empresa Galletera trigo de oro, C.A</u>		
Breve Explicación:		
El desarrollo de este trabajo de grado consiste en proponer el diseño de un sistema automatizado para el empaquetado de galletas de la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. con el fin de tener un empaquetado más eficaz buscando reducir las fallas y accidentes al momento de operar los equipos utilizados para tal fin. Significa entonces que el desarrollo de la propuesta trae como resultado que la empresa sea tecnológicamente más competitiva, en otras palabras, el operador será capaz de identificar mucho más rápido fallos en el funcionamiento del equipo reduciendo accidentes por parte del personal que trabaje con estos, reducción de perdidas en materiales de empaque e insumos como también la disminución de horas trabajo-hombre desperdiciadas.		
Lugar donde se desarrollará el Proyecto		
Galletera Trigo de Oro, C.A. Barinas, Barinas		
Tiempo de Desarrollo		
7 meses		
Tutor Académico propuesto		
Jesús Rodríguez		

APROBADO NO APROBADO

COMITÉ DE EVALUACIÓN

COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

Olivia Arendis [Firma] 13/09/2019
 Nombre Firma Fecha

DIRECCIÓN DE ESCUELA

Jesús Rodríguez [Firma] 29/09/19
 Nombre Firma Fecha



Materias o áreas del conocimiento del Pensum que intervienen en la realización del Proyecto (Enumérelas)

1. Máquinas eléctricas
2. Laboratorio de máquinas eléctricas
3. Sensores y adquisición de datos
4. Microprocesadores
5. Sistemas Industriales de potencia
6. Instrumentación industrial
7. Ingeniería económica
8. Electrónica IV
9. Automatización industrial I
10. Automatización industrial II
11. Laboratorio de control de procesos
12. Laboratorio de accionamientos eléctricos

Línea de Investigación:

GESTIÓN DE PROYECTOS DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por apoyarme durante mis estudios a lo largo de mi carrera, por darme alientos para seguir adelante y lograr cualquier meta que me proponga, además quiero agradecer a la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. y a todo el personal técnico, supervisor y obrero que allí laboran, por prestarme sus espacios, materiales, equipos y conocimientos para llevar a cabo el estudio y diseño de este trabajo de grado, en donde hago mención especial a todos aquellos ingenieros y personal técnico que en tiempo pasado laboraron en la compañía y que por razones de fuerza mayor tuvieron que dejar el país y buscar nuevos horizontes, debo decir que todos ellos sirvieron de inspiración para seguir obteniendo nuevos conocimientos y seguir formándome como ingeniero electrónico.

Por otra parte, agradezco al personal docente de la Universidad José Antonio Páez, cuyas enseñanzas y sugerencias sobre el trabajo de grado sirvieron como pilares fundamentales para la elaboración del mismo, quiero agradecer a mi tutor de trabajo de grado por brindar su apoyo y sus conocimientos durante la elaboración del presente trabajo. Por último, agradezco a todos aquellos compañeros que he tenido durante mi formación universitaria, tanto mis compañeros de la Universidad de Carabobo como mis compañeros de la Universidad José Antonio Páez quiero decir que muchos sirvieron de inspiración para seguir adelante ante toda adversidad, que los límites solo están en nuestra mente y que trabajando juntos se pueden lograr grandes cosas.

ÍNDICE GENERAL

	Pp.
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema	7
1.3 Objetivos de la Investigación	7
1.3.1 Objetivo General	7
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4 Justificación de la investigación.....	7
1.5 Alcance de la Investigación	8
II MARCO TEÓRICO	10
2.1. Antecedentes de la Investigación	10
2.2. Bases Teóricas.....	14
2.2.1 Máquina empaquetadora	15
2.2.2 Adecuación.....	20
2.2.3 Sistema de Control	21
2.2.4 Automatización	22
2.2.5 Monitoreo remoto	23
2.2.6 PLC (Controlador Lógico Programable).....	23
2.2.7 HMI (Human Machine Interface)	29
2.2.8 Motor eléctrico	30
2.2.9 Variador de frecuencia	32
2.2.10 Instrumentos de medición	33
2.2.11 Software STEP 7 BASIC V11	33

2.3. Definición de Términos Básicos	35
---	----

III MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de Investigación.....	40
3.2 Diseño de la investigación	41
3.3 Nivel de Investigación.....	41
3.4 Población y Muestra.....	42
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos	43
3.6 Técnicas de Análisis de Resultados	45
3.7 Fases de la Investigación.....	45

IV RESULTADOS

4.1 Fase I: Diagnóstico de la situación actual del proceso de empaque de las maquinas 07 y 011 para la empresa Galletera trigo de oro, C.A.	47
4.2 Fase II: “Identificación de las variables del proceso de empaque de las maquinas 07 y 011 para la empresa Galletera trigo de oro, C.A.”.....	55
4.2.1 Temperatura de mordazas y rodillos selladores	55
4.2.2 Velocidad de empaquetado	56
4.2.3 Longitud del paquete.....	56
4.2.4 Prensado de paquete.....	57
4.3 Fase III: “Diseño de la adecuación del proceso de empaque de las maquinas 07 y 011 para la empresa Galletera trigo de oro, C.A”.	59
4.3.1 Controlador lógico programable S7 300 CPU 313C-2 DP	63
4.3.2 Modulo externo de 8 entradas analógicas	65
4.3.3 Modulo externo de 4 salidas analógicas.....	66
4.3.4 Sensor Inductivo.....	66
4.3.5 Sensor Capacitivo.....	69
4.3.6 Termopar Tipo J.....	70
4.3.7 Variador de frecuencia VLT Micro Drive PK75 Danfoss	71
4.3.8 Buzzer	73

4.3.9 Botón stop de emergencia	73
4.3.10 HMI KTP 1000 DP Siemens.....	74
4.3.11 Relé de estado solido.....	75
4.3.12 Contactor trifásico.....	76
4.3.13 Interruptor Principal termomagnético	77
4.3.14 Fusibles ultra rápidos	78
4.3.15 Tarjeta de memoria para PLC	79
4.3.16 Cable de datos PLC-PC.....	80
4.3.17 Conector frontal de módulos para PLC.....	80
4.3.18 Fuente de Alimentación de 10 A.....	81
4.3.19 Programación en Step 7 Basic V11	82
4.3.20 Diseño de interfaz gráfica en WinCC flexible 2008	91
4.3.21 Planos de fuerza, control y tablero eléctrico	95
4.4 Fase IV: Estudio de factibilidad técnico, operativo, económico, social y ambiental para el desarrollo de la propuesta	103
4.4.1 Factibilidad Técnica.....	103
4.4.2 Factibilidad operativa.....	104
4.4.3 Factibilidad económica	104
4.4.4 Factibilidad social	108
4.4.5 Factibilidad ambiental.....	108
CONCLUSIÓN.....	110
RECOMENDACIONES.....	112
REFERENCIAS	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pp.
1. Máquina empaquetadora vertical	15
2. Máquina empaquetadora Horizontal	16
3. Máquina empaquetadora Manual	16
4. Máquina empaquetadora Volumétrica	17
5. Máquina empaquetadora Sistema Másico.....	18
6. Máquina empaquetadora Multi cabezal	18
7. Máquina empaquetadora Semiautomático	19
8. Máquina empaquetadora Automática	20
9. Robótica aplicada al ensamblaje de vehículos.....	22
10. Controlador lógico programable tipo Nano	24
11. Controlador lógico programable tipo Compacto.....	25
12. Controlador lógico programable tipo Modular	26
13. Programación usando diagrama de escalera o ladder	27
14. Programación usando Diagrama de bloques	28
15. Programación usando lenguaje tipo lista de instrucciones.....	28
16. Interfaz Hombre máquina (HMI) marca siemens	30
17. Partes de un motor eléctrico de corriente alterna	31
18. Variador de frecuencia marca Siemens.....	33
19. Software STEP 7 BASIC V11	34
20. Programación en Ladder usando STEP 7 BASIC V11	35
21. Diagrama de layout para la sala de empaque de la empresa Galletera trigo de oro, C.A.	47
22. Vista frontal para los controles de la empaquetadora cavanna 011	48
23. Vista lateral para los controles de la empaquetadora cavanna 011	48
24. Proceso de puesta en marcha para empaquetadora cavanna 07 y 011	49
25. Procesamiento de producto por la empaquetadora cavanna 011	50
26. Material de empaque deteriorado por la empaquetadora cavanna 011	51
27. Manuales de la empaquetadora cavanna 011	54
28. Termostatos de rodillos y mordazas selladoras.....	56
29. Manivela para el control de velocidad de empaquetado	56
30. Manivela para el control de longitud del paquete	57
31. Manivela para el control de prensado del paquete	57
32. Material de empaque de galletas Cocaditas	58
33. Diagrama de flujo de programación de empaquetadora Cavanna 07 y 011	62
34. PLC marca Siemens modelo S7 300 CPU 313C-2DP	63
35. Módulo de Externo de 8 entradas analógicas.....	65

36.	Módulo de Externo de 4 salidas analógicas	66
37.	Mordazas y cuchilla selladora de cavanna 07 y 011	67
38.	Sistema del control de pausa de sellado para cavanna 07 y 011	67
39.	Sensor inductivo de 10mm marca Festo	68
40.	Sensor capacitivo marca Autonics	69
41.	Termopar tipo J marca Autonics	70
42.	Variador de frecuencia marca Danfoss modelo PK75	72
43.	Especificaciones técnicas para variador marca Danfoss modelo PK75.....	72
44.	Buzzer indicador de falla para los equipos Cavanna 07 y 011	73
45.	Botón parada de emergencia de cavanna 011	73
46.	HMI KTP 1000 DP Siemens.....	74
47.	Relé de estado sólido marca OMRON modelo G3NA	75
48.	Contactador trifásico marca Schneider modelo LC1 D09BD.....	76
49.	Interruptor termomagnético QO340 de 40 A marca Schneider	78
50.	Fusible ultra rápido modelo KTR-R SERIES marca Bussmann.....	78
51.	Tarjeta de memoria de 64KB marca Siemens.....	79
52.	Cable de datos AMSAMOTION.....	80
53.	Conector de 40 polos a tornillo marca Siemens.....	81
54.	Fuente de alimentación de 10 A marca siemens	81
55.	Hardware empleado en Step 7.....	82
56.	Lista de entradas y salidas del PLC	82
57.	Condiciones de arranque del motor principal	83
58.	Condiciones de arranque del motor secundario	83
59.	Activación de detección de paquetes en el riel	84
60.	Alarma de estado crítico del sistema.....	84
61.	Alarma por parada del sistema.....	85
62.	Alarma por apertura de cubiertas protectoras	85
63.	Lectura de temperatura de la termocupla en los rodillos selladores	86
64.	Condición de encendido para resistencia de rodillos selladores	86
65.	Alarma por temperatura baja en los rodillos selladores	87
66.	Alarma por temperatura baja en las mordazas y rodillos selladores.....	87
67.	Control de velocidad de empaque (ppm) según longitud de paquete	88
68.	Vista principal de la interfaz grafica	91
69.	Limitadores de ingreso para la temperatura	92
70.	Ajuste de parámetros del proceso de empaque	92
71.	Ajuste de parámetros de la temperatura de sellado.....	93
72.	Ajuste de longitud de paquetes	93
73.	Ajuste de velocidad de empaque.....	94
74.	Vista de alarmas del proceso.....	94

75. Diagrama de fuerza	95
76. Diagrama de potencia motor principal.....	96
77. Módulo de entradas digitales	97
78. Módulo de salidas digitales.....	98
79. Módulo de salidas analógicas.....	99
80. Módulo de entradas analógicas	100
81. Conexión entre PLC y HMI	101
82. Distribución de tablero eléctrico	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pp.
Tabla 1. Lista de cotejo para piezas de la empaquetadora cavanna 011	53
Tabla 2. Pérdidas económicas por material de empaque dañado.....	54
Tabla 3. Accidentes ocurridos frente a la empaquetadora cavanna 011	55
Tabla 4. Lista de entradas lógicas y analógicas del PLC	59
Tabla 5. Lista de salidas lógicas y analógicas del PLC.....	61
Tabla 6. Lista de consumo de componentes.....	77
Tabla 7. Lista de fusibles según consumo de componente	79
Tabla 8. Costos directos de componentes del proyecto	105
Tabla 9. Costos por mano de obra del proyecto.....	106
Tabla 10. Costos indirectos del proyecto	106
Tabla 11. Gastos Directos e indirectos del proyecto.....	107



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**ADECUACIÓN DEL PROCESO DE EMPAQUETADO
DE LAS MÁQUINAS 011 Y 07 PARA LA EMPRESA
GALLETERA TRIGO DE ORO, C.A.**

Autor: Lopiparo, Gian.

Tutor: Ing. Jesús Rodríguez.

Fecha: septiembre 2019.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación surge de la problemática existente en la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. en el municipio Barinas Estado Barinas, la cual presenta la necesidad en el área de empaque de sus productos ya que el proceso de empaquetado a través de sus equipos no es eficiente debido a que estos no cuentan con un sistema de control y monitoreo actualizado, lo cual trae como consecuencia pérdida del material de empaque e insumos, genera tiempo trabajo-hombre desperdiciado al igual que riesgo de accidentes durante la manipulación de estos equipos por negligencia del operador. En consecuencia, el objeto de estudio tiene como objetivo principal, proponer la adecuación de las máquinas empaquetadoras cavanna modelo 07 y 011. En este propósito, se empleó el uso de un PLC marca siemens modelo s7-300 con el objetivo de que el proceso de empaquetado sea modelado y supervisado por este, dicho equipo es controlado a través de una interfaz gráfica mostrada en un HMI permitiendo ajustar parámetros como velocidad, temperatura y longitud del paquete, todo esto con la finalidad de reducir las pérdidas de insumos y aumentar la fiabilidad de los equipos, por otra parte, brindar mayor ergonomía al momento de ajustar y visualizar los parámetros de proceso como también visualizar fallas durante el proceso, lo cual trae como resultado preservar la calidad de empaquetado de dichos equipos. En consecuencia, el proyecto de investigación está enmarcado dentro de la modalidad de investigación de proyecto factible, bajo los lineamientos de una investigación de campo, con un nivel descriptivo.

Descriptor: Automatización, Adecuación, Empaque, Alimentos, PLC, HMI.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el proceso de empaquetado de productos se realiza principalmente por máquinas empaquetadoras las cuales desarrollan un rol importante en la industria ya que tienen como objetivo certificar el almacenamiento de un producto dentro de un envoltorio, estuche o caja, un ejemplo claro es el de los productos alimenticios como las galletas, estas deben tener un empaquetado de calidad, lo cual es crucial para que el consumidor final tan solo con mirar el producto pueda identificarlo inmediatamente y a su vez brindarle la seguridad de que al ser consumido obtendrá un producto fresco, higiénico y de calidad.

Actualmente existen máquinas empaquetadoras del tipo automáticas, cuya presencia de mano de obra humana es baja, en donde sus controles se realizan mediante una pantalla, es común el uso de una *human machine interface* (HMI) cuya traducción al español es interfaz hombre máquina al igual que el uso de un *programmable logic controller* (PLC) cuya traducción al español es controlador lógico programable. En efecto, contando con estos últimos, el proceso tendrá mayor fiabilidad.

Igualmente, en Venezuela existe un grupo de empresas dedicadas a la producción y distribución de alimentos, cuyos equipos empleados en la elaboración de estos, están desactualizados, los cuales no poseen nuevas tecnologías para el procesamiento de sus productos, tal es el caso de la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. En efecto, dentro de esta, se manejan diversos procesos de fabricación donde se requiere de la existencia de maquinaria tecnológicamente actualizada, como lo son los equipos automatizados, esta última parte se relaciona directamente con el objeto de estudio, el cual propone la adecuación del proceso de empaquetado de las máquinas 011 y 07 para la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A.

El objeto de estudio propone brindar una solución para adecuar las empaquetadoras y mejorar el proceso de empaquetado de galletas, el cual consta de varias etapas para su realización. Para cada etapa se harán los respectivos análisis para poder realizar las mejoras del proceso.

El presente trabajo de investigación está estructurado en cuatro capítulos, con el fin de cumplir las normativas establecidas por la Universidad José Antonio Páez, dichos capítulos se describen a continuación:

Capítulo I: Referido al problema, su planteamiento el cual se trata de comprobar durante todo el curso de la investigación por medio de los objetivos generales y específicos, así como la justificación del estudio y su alcance.

Capítulo II: Se hace hincapié en los antecedentes y bases teóricas que sustentan este proyecto de grado.

Capítulo III: Marco Metodológico se plantea la naturaleza de la investigación, la cual, por sus características, se trata de una investigación documental con carácter descriptivo, de modo que la estrategia metodológica seleccionada sirvió de guía para el desarrollo del trabajo de grado.

Capítulo IV: Este capítulo se hablará sobre los recursos que se utilizaran en el desarrollo de este proyecto.

Capítulo V: Este capítulo incluye el plan de acción para llevar a cabo la realización de la propuesta que el objeto de estudio propone, en él se desarrollan las fases que contemplan la elaboración del mismo

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad el sector industrial a nivel mundial se beneficia de procesos automatizados, los cuales son fundamentales para mantener la productividad y eficiencia de sus actividades laborales, como por ejemplo las fábricas que elaboran productos alimenticios, cabe destacar que una de las claves fundamentales para la fabricación de alimentos es certificar un control de calidad óptimo, tal que, cualquier modificación que se realice durante su procesamiento industrial sea rápida y efectiva, debido a que cuando se trabaja con maquinaria, es esencial garantizar que exista el menor número de incidentes a lo largo de la jornada laboral.

En referencia a la clasificación anterior, es fundamental que empresas que se dediquen a la producción y distribución de alimentos tengan en cuenta las claves fundamentales para la correcta fabricación y empaquetado de estos, ya que existen un grupo de alimentos como los productos de galletería, que, de no empaquetarse de manera rápida y eficiente, generaría retraso en la producción, lo cual se traduce en pérdidas para la compañía ya que no se estaría cumpliendo con la meta de producción fijada, lo cual acarrea que, materia prima y horas trabajo-hombre sean desperdiciadas.

Igualmente en Venezuela, existe un grupo de empresas dedicadas a la producción y distribución de alimentos, cuyos equipos empleados en la elaboración de estos, están desactualizados, los cuales no poseen nuevas tecnologías para el control y monitoreo de sus procesos, cuando se manejan diversos procesos de fabricación es fundamental la existencia de maquinaria actualizada tecnológicamente dentro del complejo industrial, como lo son los equipos automatizados, esto ayuda tanto al cuidado de la materia prima como también en el proceso de fabricación y empaquetado del producto.

Tal es el caso de la Galletera Trigo de Oro, C.A, la cual se encuentra ubicada en la avenida industrial al lado del INCES de Barinas, estado Barinas, la misma se encarga de la fabricación, comercialización y distribución de una gran variedad de productos de galletería, pastelería y hojaldre a nivel nacional. Actualmente posee equipos de la marca cavanna cuyos modelos son el 07 y 011, utilizados para el empaquetado de sus productos, en donde estas unidades tienen ciertas limitaciones de diseño en comparación de equipos más actuales utilizados para la misma tarea.

Durante el proceso de empaquetado existen variables como la longitud, peso, altura, aire y temperatura de sellado del paquete de galletas, en donde la empresa debe garantizar que el empaquetado cumpla con estos altos estándares de calidad, en otras palabras, los operadores de las máquinas deben asegurarse de que los productos que ellos procesen cumplan con estos lineamientos establecidos. En este mismo orden y dirección, la empresa Galletera Trigo De Oro, C.A presenta la necesidad en el proceso de empaquetado de sus productos, los cuales son empaquetados por los equipos 07 y 011 de la marca cavanna, en donde existen limitantes en su diseño como lo es la falta de sincronización entre la banda transportadora de galletas y las mordazas selladoras de la máquina, generando así pérdidas económicas a la compañía.

En efecto, esta falta de sincronización hace que las galletas que son transportadas en la banda sean mal posicionadas, haciendo que, al momento de sellar el empaque, estas sean dañadas por la mordaza, trayendo como consecuencia a la compañía graves pérdidas económicas por materia prima y producto dañado, en donde el operador debe hacer paradas intermitentes del proceso para sincronizar ambas piezas.

En relación con este último, esta parada intermitente del proceso acarrea a su vez el inicio de un cuello de botella, en donde la parada del proceso de empaquetado repercute en procesos anteriores a este, como lo es la producción de galletas. De no reanudar el empaquetado rápidamente, el proceso de producción de galletas disminuirá hasta detenerse y a su vez la meta de producción diaria no será cumplida, en otras palabras, una pérdida económica es generada al no lograr alcanzar las metas de producción y empaque fijado en la planificación semanal.

A los efectos de este, dichas máquinas empaquetadoras poseen además otras limitantes como lo es la ubicación y método de operación de los mandos usados para ajustar los parámetros de la máquina, estos son: Temperatura de las mordazas y rodillos selladores, acoplamiento de los rodillos y mordazas selladoras, por último, velocidad de la banda transportadora de galletas. En efecto, existe una problemática con la ubicación de estos controles debido a que se encuentran ubicados en diversas partes de la máquina empaquetadora, el manejo de este equipo se torna complicado debido a que la mayoría de estos controles son netamente mecánicos y propensos a desgastarse con el transcurso del tiempo.

Dadas las condiciones que anteceden, se tiene que el uso de estos controles netamente mecánicos utilizados para acoplar partes de la máquina como mordazas y rodillos selladores se realiza por medio de palancas y perillas las cuales son difíciles de maniobrar para el operador debido a la fuerte oposición que genera cada palanca al momento de querer desacoplar piezas de sus engranajes, esto genera un desgaste físico para el trabajador y tiempo desperdiciado al momento de querer sincronizar mordazas o rodillos de la empaquetadora.

En ese mismo sentido, la velocidad de la banda transportadora de galletas es ajustada por medio de una perilla ubicada en la parte más baja del equipo, el operador debe agacharse y girarla la cual no posee un indicador de velocidad propio que indique la cantidad de paquetes por minuto que va a procesar dicho equipo, generando una reducción de la fiabilidad del equipo y bajo control del producto procesado. Por último, existe un deterioro y falta de calibración en los termostatos de la empaquetadora ya que el operador ajusta un nivel de temperatura en piezas como las mordazas y rodillos selladores, indicando una temperatura diferente con la temperatura real del sellador.

Hecha la observación anterior, el equipo puede procesar los paquetes de galletas con baja calidad en su sellado cuya detección de esta falla es por medio de los sentidos del operador, este debe estar atento en todo momento de la calidad del paquete procesado, dando a entender que no puede confiar en la calibración del termostato. Cabe destacar que el material de empaque mal sellado es inutilizable y desechado.

Como ya se ha aclarado, el material de empaque desechado debido su baja calidad de sellado genera pérdidas económicas para la compañía, siendo esta materia prima una de la más costosas en la estructura de costo de todo producto de alimentos, la reducción de este material desperdiciado implica que el operador este en supervisión constante del paquete procesado por la empaquetadora, en donde para garantizar esta supervisión el operador deberá estar supervisando a lo largo del periodo laboral la calidad del empaquetado, en donde debido a una falla en sus sentidos o ausencia física de este frente a la empaquetadora, acarrea que esta supervisión no será totalmente confiable en todo momento.

Ante la situación planteada, cabe agregar que otra problemática existen en los equipos 011 y 07 es que sus protecciones contra accidentes son bajas o nulas, un operador no experimentado es propenso a generar accidentes si este no conoce los riesgos que existen si opera estos equipos con las mordazas selladoras en movimiento y sin ningún tipo de restricción que haga que la operación se detenga, debido a que no existe una cobertura que impida el acceso de manos al área de sellado de la máquina, este tipo de accidentes serian fatales para la salud del operador como para la reputación de seguridad industrial que brinda la compañía a sus trabajadores.

Por lo expuesto anteriormente, la operación de estas empaquetadoras trae como resultado pérdidas de material de empaque e insumos, tiempo trabajo-hombre desperdiciado, reducción de la producción de la compañía, baja confiabilidad del proceso de empaquetado de sus productos y por último riesgo de accidentes durante la manipulación de estos equipos por negligencia del operador.

En conclusión, se propone la adecuación de las máquinas empaquetadoras 07 y 011 para la empresa Galletera Trigo De Oro, C.A. Cuyo desarrollo en sus equipos de empaque, permitirá realizar ajustes de los parámetros de la máquina, detectará fallas y eventos en tiempo oportuno como también facilitar el uso de estos equipos a operadores no experimentados, por medio de un PLC que trabaje en conjunto con una HMI en donde se muestren todos los parámetros y variables del proceso de manera sencilla y fácil de visualizar y controlar.

1.2 Formulación del Problema

¿Cuál es el impacto en la productividad al momento en que el proceso de empaquetado de los productos de la empresa Galletera Trigo De Oro, C.A se detiene?

¿Cómo se puede reducir las pérdidas por fallas en el proceso de empaquetado de las máquinas 07 y 011 para la empresa Galletera Trigo De Oro, C.A?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Proponer la adecuación del proceso de empaquetado en las máquinas 07 y 011 para la empresa Galletera trigo de oro, C.A en el municipio Barinas, Barinas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del proceso de empaque de las máquinas 07 y 011 para la empresa Galletera trigo de oro, C.A
- Identificar las variables del proceso de empaque de las máquinas 07 y 011 para la empresa Galletera trigo de oro, C.A
- Diseñar la adecuación del proceso de empaque de las máquinas 07 y 011 para la empresa Galletera trigo de oro, C.A
- Realizar un estudio de factibilidad técnico, operativo, económico, social y ambiental para el desarrollo de la propuesta.

1.4 Justificación de la investigación

De los anteriores planteamientos se concluye que las ventajas al desarrollar la propuesta planteada, brindarán a la Galletera Trigo De Oro, C.A la posibilidad de reducir el tiempo trabajo-hombre desperdiciado debido a paradas intermitentes por parte del operador, además de que en caso de que surja una falla en el equipo, esta se podrá detectar a tiempo de manera rápida y eficaz por parte del operador ya que el sistema alertará a este cualquier falla en su sistema eléctrico o mecánico, en otras palabras, el operador será capaz de detectar que pieza o sector del equipo presenta alguna irregularidad, aumentando así su eficiencia durante su trabajo.

En efecto, la empresa brindará a sus trabajadores mayor seguridad ya que el equipo contará con protecciones tal que piezas como engranajes o cuchillas se detengan al momento de que el trabajador desee acceder a estas mientras el equipo está en funcionamiento, en otras palabras, se reducirán los accidentes provocados por negligencia del operador del equipo, el tiempo empleado en ajustes de parámetros será menor al contar con una interfaz gráfica que permita modificar parámetros del equipo de una manera rápida y sencilla tanto para operadores experimentados como también para principiantes, lo que es lo mismo, será más fácil de enseñar a aprendices como operar el equipo sin que este se haga daño durante las pruebas.

En consecuencia, la productividad aumentará ya que se reducirá las paradas intermitentes que generan horas de trabajo-hombre desperdiciadas, la acumulación de trabajo será menor, en otras palabras, no habrán retrasos en la producción y las metas de producción diarias serán cumplidas, a su vez, se generará una reducción de costos en la obtención del material de empaque ya que a su vez se reduce el material malgastado por falta de calibración del equipo y por ultimo trae como resultado que la empresa sea tecnológicamente más competitiva.

1.5 Alcance de la Investigación

La propuesta descrita en el trabajo de grado tiene amplia aplicación para empresas que procesen productos como alimentos, medicinas, textiles, entre otros, por medio de máquinas que poseen limitaciones en su diseño, cuyos parámetros son controlados por instrumentos netamente mecánicos, tendentes a desgastarse por su uso continuo y que debido a esto su confiabilidad de uso sea baja.

En efecto, máquinas que sean propensas a generar accidentes a sus operadores debido a partes de esta que se encuentren en expuestas al operador, como, por ejemplo, mecanismos móviles, engranajes, piezas con altas temperaturas, cuchillas, entre otros. Cabe destacar que la propuesta es aplicable para instrumentos carentes de calibración, tal que no se tengan lecturas correctas.

Significa entonces que, el uso de equipos que cuenten con nuevas tecnologías, permita el control automatizado de sus parámetros, evitando accidentes o lesiones a sus operarios como también la detección de fallas ya sean del tipo eléctrica, mecánica o neumática. Esto proporciona a la industria alimentaria, farmacéutica, automotriz entre otras, una mayor eficiencia durante sus actividades laborales y una mayor confiabilidad del producto terminado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El Marco Teórico puede ser definido según, Arias (1999), “Como el compendio de una serie de elementos conceptuales que sirven de base a la indagación por realizar” (p.13). De esta misma forma, después de exponer el planteamiento de la problemática a continuación se mostrarán teorías que validen el objeto de estudio.

2.1. Antecedentes de la Investigación

Para respaldar el siguiente estudio se consultaron varias investigaciones relacionadas con la automatización industrial y sus aplicaciones como control, registro y monitoreo de procesos industriales involucrados en la producción de alimentos que incluyen variables como la temperatura, presión, velocidad, entre otros, de los cuales se pueden seleccionar ciertos aspectos que nos aporte una manera significativa para el desarrollo del estudio.

Los antecedentes de la investigación pueden ser definidos según Arias (1999) como “Aquellos estudios previos y tesis de grado relacionadas con el problema planteado, es decir, investigaciones realizadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con el problema en estudio” (p.14).

Orellana, L y Balladares, A. (2018) en su trabajo de investigación titulado como; **“Diseño e Implementación de un sistema de control para el proceso de empaque de snacks en la planta alimentos YUPI ecuador utilizando autómatas programables”** trabajo presentado como requisito parcial para optar por el título de ingeniero electrónico ante la Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil, Ecuador. El objeto de estudio tiene como objetivo principal renovar equipos cuya tecnológica en sus controles y componentes esta descontinuada. En efecto, la compañía Alimentos Yupi S.A. es una empresa productora de alimentos tipo snacks como palomitas de caramelo, papas fritas, entre otros.

Dicha compañía, presentó problemas en el manejo de los controles de sus máquinas empaquetadoras, las cuales generaban dificultad a sus empleados al momento de realizar ajustes en sus parámetros de empaquetado, trayendo como consecuencia cuellos de botella y reducción de su capacidad de producción y horas trabajo-hombre desperdiciadas por paradas del proceso, por otra parte, dicha situación genera pérdidas económicas hacia la compañía debido al material de empaque deteriorado o con baja calidad de empaquetado, siendo una situación similar a la encontrada en la empresa Galletera Trigo De Oro, C.A.

Con el desarrollo de dicha investigación se logró un análisis de la situación actual de la empresa, afirmando que los principales problemas identificados se relacionan con los métodos de trabajo y ejecución manual de las operaciones. La automatización de las máquinas empleadas para el empaquetado implica una mejora en producción de alimentos de la empresa Alimentos Yupi S.A. debido a la disminución de errores y al aumento de la eficiencia en dicho proceso como también ahorro en del material de empaque de sus productos y disminución del tiempo en que la máquina debe detenerse para verificar que falla presenta la máquina ante cualquier eventualidad garantizando así un proceso de empaque más efectivo y un cumplimiento de las metas de producción diarias.

Tal como se ha visto, la metodología de la investigación citada es del tipo aplicado en donde se pudo aprovechar para canalizar aspectos importantes de la investigación a presentar, uno de los puntos más importantes fue la selección de componentes a utilizar en el sistema automatizado como los son los variadores de frecuencia, motores eléctricos, PLC's y HMI's a fin de poder satisfacer las necesidades de producción existentes. Cabe destacar que las necesidades presentadas en la investigación citada tienen la misma dirección que el objeto de estudio y a través de ellas se realizó la elaboración del mismo debido a que ambas investigaciones se desarrollan en ambientes donde se producen alimentos del tipo confitería. Por lo tanto, dicha investigación va en concordancia con el tema principal y los objetivos establecidos en este trabajo.

Así mismo, Carranza, M. y Flores, M. (2018) en su trabajo de investigación titulado como; **“Diseño de un Sistema de Supervisión y Control para automatizar la Encajonadora de Botellas de la Línea de Envasado, Planta San Mateo.”** trabajo presentado como requisito parcial para optar por el título de ingeniero electrónico ante la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Provincia Lambayeque, Perú. Este proyecto se enfocó en diseñar un sistema de control automatizado para la máquina encajonadora de botellas de la empresa cervecera Backus, con el fin de garantizar la reducción de gastos económicos, los cuales se deben a que esta máquina al no estar automatizada ocasiona pérdidas en la producción debido a fallas mecánicas y problemas operativos al igual que altos costos en mantenimiento y materia prima desperdiciada, esto último se traduce en pérdidas económicas para la compañía al tener un proceso que ocasiona reducción de la productividad al no cumplir con las metas de producción diarias.

Ante la situación planteada, la metodología utilizada fue del tipo aplicada, en donde se realizó el diseño de una interfaz gráfica por medio de un HMI que junto con un PLC forman parte de un sistema de control y monitoreo del equipo utilizado para empacar las botellas en la empresa Backus. Como puede observarse, esta investigación es importante para la Planta San Mateo, debido a que al estar automatizada su encajonadora de Botellas, se reducirán las paradas por fallas en la máquina y las paradas por operación deficiente. A los efectos de este, la población a la cual fue dirigida dicha investigación fue a las líneas de empaquetado de la planta San Mateo para la empresa Backus, cuya muestra fue el proceso de empaquetado de las botellas de cerveza de dicha compañía.

En este propósito, el aporte de la investigación citada sobre nuestro objeto de estudio tiene concordancia con la situación actual en la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. debido a que ambas empresas poseen algunos equipos que no cuentan con sistemas automatizados en el área de empaque sus productos, es por ello que el desarrollo de la investigación citada tiene un aporte relevante.

En relación con este último, la investigación citada tiene gran aporte en el diseño y selección de equipos que serán empleados en la adecuación de las empaquetadoras 07 y 011 de la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. Se observa claramente que, la adecuación de máquinas desactualizadas trae como resultado que el operador sea capaz de realizar ajustes en los parámetros del equipo, de forma fácil y rápida, como también verificar estados de alerta que requieran de asistencia técnica inmediata reduciendo así el tiempo de parada por fallas en la máquina y aumento de la eficiencia del empaquetado, cumpliendo con las metas de producción diarias.

Por último, Rivera, A. (2018) en su trabajo de investigación titulado como; **“Implementación de un sistema de control mediante variadores de frecuencia y encoders para una máquina empaquetadora de galletas de la empresa Corporación Superior S.A.”** trabajo presentado como requisito parcial para optar por el título de Tecnólogo en electromecánica ante la Escuela Politécnica Nacional, ubicada en Quito, Ecuador. Este proyecto consistió en incrementar la capacidad de producción de una máquina empaquetadora de galletas para la compañía Corporación Superior S.A. La empaquetadora de dicha empresa presenta limitaciones en su diseño que reduce las capacidades de producción de dicha compañía.

En efecto, el equipo empleado en el empaquetado de los snacks de la compañía presenta deficiencias en la velocidad con la que puede procesar dichos alimentos, lo cual acarrea que las metas de producción de la compañía sean limitadas a las capacidades de la máquina, siendo el empaquetado de alimentos un proceso que requiere de alta velocidad, precisión y seguridad durante su procesamiento. Este último, es el mismo rubro que maneja la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. en donde se llega a la conclusión que ambas investigaciones presentan necesidades similares al momento de querer ampliar las capacidades de producción de sus equipos empaquetadores, es por ello que la investigación citada es relevante durante el diseño de la adecuación de los equipos 07 y 011.

En relación con lo anterior, si se realiza la comparación entre costo de la adecuación de la maquinaria local y la compra de maquinaria importada, se puede notar claramente que el costo de la maquinaria importada es sumamente elevado por razones de costos de importación, impuestos y aranceles que suman al valor final de la máquina. Significa entonces que, dicha investigación permite tomar como referencia la rehabilitación de una máquina empaquetadora carente de controles y accesorios que permitan un empaquetado más fluido.

El resultado de la investigación fue la modernización tanto en hardware como en software del equipo, obteniendo una máquina renovada, dispuesta a cubrir las necesidades de producción que requiera la empresa, evidentemente que con un valor económico menor a comparación de una máquina comprada nueva en su totalidad. En este mismo orden y dirección, la población implicada en dicha investigación son las máquinas empaquetadoras de la empresa Corporación Superior S.A cuya muestra es la adecuación de uno de sus equipos empaquetadores.

En efecto, ambas compañías productoras de alimentos comparten necesidades similares en la adecuación de sus máquinas empleadas para el empaquetado de sus alimentos. En consecuencia, es por ello que la adecuación de equipos locales con limitantes de diseño lleva gran importancia en las pequeñas y grandes empresas a la hora de querer renovarse y ampliar sus capacidades de producción.

2.2. Bases Teóricas

En este sentido, Arias (2006), establece que las bases teóricas: “implican un desarrollo de los conceptos y posiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado” (p.107). A continuación, se presentan algunos sustentos teóricos fundamentales los cuales nos ayudarán a la mejor comprensión del problema planteado al igual que términos frecuentes a lo largo del desarrollo del objeto de estudio presentado.

2.2.1 Máquina empaquetadora

Según Vaca (2013), define máquina empaquetadora como “Equipo tecnológico que brinda protección y fácil transporte de un determinado producto a través de una envoltura”. En efecto, hoy en día las máquinas empaquetadoras desarrollan un rol importante en la industria ya que tiene como objetivo certificar el almacenamiento de un producto dentro de un envoltorio, en el caso de los productos alimenticios como las galletas, deben tener un empaqueo de calidad, lo cual es crucial para que el consumidor final tan solo con mirar el producto pueda identificarlo inmediatamente y a su vez brindarle la seguridad de que al ser consumido tendrá un producto fresco, higiénico y de calidad.

2.2.1.1 Tipos de empaquetado

En la actualidad existen diversos tipos de empaquetado, en donde para cada tipo se emplea una máquina distinta, entre ellas tenemos:

- **Empaquetadora Vertical:**

El proceso de empaquetado vertical consiste en que el producto debe ubicarse en la tolva que se encuentra en la parte superior de la máquina (ver figura 1), con ayuda de la gravedad el producto cae para ser empacado y finalmente obtener el producto terminado en la parte inferior.



Figura 1. Máquina empaquetadora vertical
Fuente: <https://images.app.goo.gl/i8xaw4BYD5Tty5DK7>

- **Empaquetadora Horizontal:**

El proceso de empaquetado horizontal se utiliza en productos de tamaño mediano en una sola pieza requiriendo lotes homogéneos, por ejemplo, alimentos como galletas, helados, chocolates, entre otros. Este tipo de empaquetadora utiliza una banda transportadora que facilita el transporte del producto desde el ingreso hasta el despacho donde entrega el producto terminado. (ver figura 2)



Figura 2. Máquina empaquetadora Horizontal

Fuente: <https://images.app.goo.gl/EqCgzSKFxzZXcdgm6>

- **Empaquetadora Manual:**

Son de las primeras utilizadas en las líneas de producción, cuya eficiencia estaba directamente relacionada con el trabajo y desenvolvimiento del operario. Para este proceso se utilizaban selladores manuales (Ver figura 3) de las primeras lanzadas en el mercado, con un sistema de calentamiento básico por resistencia y transferencia de calor, a pesar de aquello, ciertos fabricantes adaptaron al equipo mecanismos para incrementar su producción.



Figura 3. Máquina empaquetadora Manual

Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6535>

- **Empaquetadora Volumétrica**

Son utilizadas para manipular granulados, polvo y principalmente líquidos donde el volumen que ocupa estos es la principal característica para su comercialización, sin embargo, también pueden usarse en productos sólidos, disminuyendo la funcionalidad de la máquina, dependiendo del proceso que realice la producción los productos están sujetos a variaciones de volumen. Las máquinas llevan integrados dispositivos donde almacenan el producto por fracciones de segundos antes de ser empaquetados, entre el mecanismo empleado se encuentran moldes extrusores y bandejas con cilindros que se llenan de acuerdo al volumen que se requiere, un aspecto muy importante es la densidad del producto. (ver figura 4)



Figura 4. Máquina empaquetadora Volumétrica

Fuente: <https://images.app.goo.gl/vv9SS9buPM7vBAG19>

- **Empaquetadora con Sistema másico**

Esta máquina basa sus sistemas de control en el peso de producto, considerando el más fiable, cuyo control debe ser diseñado exhaustivamente al originar vibraciones mecánicas para poder desplazar el producto por una bandeja que va desde la tolva hasta la boquilla que descarga el producto en el empaque (ver figura 5). Esta boquilla incorpora una balanza que determina el peso del producto dentro de ella, de esta forma esta boquilla descargará únicamente cuando el peso que esta lea sea el mismo que el paquete a procesar.



Figura 5. Máquina empaquetadora Sistema Másico
Fuente: <https://images.app.goo.gl/cdS3zrCyBpG7Fgdd7>

- **Empaquetadora Multi cabezal**

Este tipo de máquina en su funcionamiento incorpora diferentes diseños de máquinas empaquetadoras como lo son la del tipo vertical, volumétrica y con sistema másico, (ver figura 6). La principal característica de este tipo de máquinas es la rapidez de producción, lo que, en función de las especificaciones del producto y número de balanzas o contenedores, suman tanto volúmenes como masas individuales, de acuerdo a las necesidades para empacar el producto. En algunas áreas la rapidez de producción oscila entre 180 a 200 paquetes por minuto, siempre y cuando se tenga un producto uniformemente distribuido.



Figura 6. Máquina empaquetadora Multi cabezal
Fuente: <https://images.app.goo.gl/F4UBKpvASFkBxPs87>

- **Empaquetadora Semiautomático**

Este tipo de maquinaria es la que las pequeñas y medianas empresas (PYME) han optado debido a que se obtiene un alineamiento de producción más efectiva, con menos mano de obra involucrada en el proceso cuya intervención humana es de nivel medio a bajo (ver figura 7), este tipo de empaquetadora puede tener un solo operario para empaquetar y dosificar el producto, obteniendo una velocidad de producción relacionada con el trabajo y desempeño del operador.



Figura 7. Máquina empaquetadora Semiautomático

Fuente: <https://images.app.goo.gl/GUc6hkrLR9Xku25h8>

- **Empaquetadora Automática**

Son aquellos equipos que combinan sistemas eléctricos, mecánicos y electrónicos gobernados por un sistema de control lógico programable (PLC) cuyo uso es aplicable en situaciones en que se requiera alta velocidad de reacción, estas situaciones por lo general se necesitan de un accionamiento veloz, repetitivo y de alta precisión (ver figura 8), es por ello que los sistemas de control en los últimos años han mejorado notablemente permitiendo que las empaquetadoras evolucionen al punto en que su diseño incorpore sensores y brazos robóticos que sustituyan casi en su totalidad la mano de obra, esto se traduce en una línea de producción con intervención humana muy baja dando como resultado un aumento en la producción.

En relación con este último, la automatización del empaquetado de productos alimenticios aporta a la reducción de errores por parte del operador ya sea por fallas en alguno de sus sentidos, la fatiga o cansancio del mismo, entre otras causas. Es por ello que estas empaquetadoras reducen la mano de obra empleada, haciendo que su labor sea solo supervisar el proceso, lo que aumenta la rentabilidad del sistema implementado, debido a esto es que se implementó dicho sistema en el objeto de estudio gracias a sus altas prestaciones en el mercado.



Figura 8. Máquina empaquetadora Automática
Fuente: <https://images.app.goo.gl/EH78DNyjAD56mnaVA>

2.2.2 Adecuación

Según METALMECÁNICA (2019) definen una adecuación como “la incorporación de nuevos elementos que permitan mejorar en la medida de lo posible las prestaciones y funcionalidades originales del equipo.” En relación con este último, una adecuación se puede interpretar como un conjunto de elementos capaces de realizar un incremento en las prestaciones de un equipo, aumentando sus capacidades de uso, funciones, fiabilidad, y valor agregado del mismo equipo. La incorporación de elementos como sensores, elementos neumáticos y accesorios electrónicos hacen que un equipo limitado por su diseño original sea modificado y hagan que su diseño sea renovado generando a su vez la obtención de un equipo con características similares a uno nuevo.

2.2.3 Sistema de Control

Según Ingmecafenix (2019) definen a un Sistema de Control como “un grupo de componentes electrónicos, mecánicos, neumáticos, hidráulicos, etc. Que se utilizan en conjunto para lograr un objetivo deseado.” En efecto, Para que se pueda considerar un sistema de control por lo menos debe de contar con tres elementos esenciales que son: Una variable a controlar, un actuador y un punto de referencia (set-point). Las variables controladas pueden ser magnitudes físicas como: Presión, Temperatura, Nivel, Caudal, Velocidad, entre otras.

Como ya se ha aclarado, dentro de un sistema de control se debe fijar un punto de referencia, es decir, cuáles son los niveles deseados que se requiere para que el sistema se mantenga operativo, es por ello que se emplean actuadores que realizan los ajustes para mantener al sistema dentro de los parámetros deseados. El sistema obtiene información de sus variables por medio de sensores, posteriormente compara dichas lecturas con los parámetros de trabajo para determinar si se necesita corregir algún parámetro o, por el contrario, indicar que se encuentra en un estado aceptable.

Hechas las consideraciones anteriores, un sistema de control es capaz de mantener un proceso dentro de situaciones ideales, es por ello que el operador debe realizar un estudio para conocer cuál es el estado ideal de cada variable involucrada en el proceso, posteriormente fijar que nivel debe tener dichas variables para así establecer rangos de operación, posteriormente la lectura del estado actual del proceso debe ser supervisada por un operador. Cabe agregar que, en la actualidad se da uso de pantallas llamadas HMI la cuales muestran el estado actual de todas las variables de proceso al igual que alarmas y eventos.

En conclusión, un sistema de control permite integrar complementos modernos para llevar a cabo la automatización de procesos, simplificándolos, haciéndolos más eficientes y seguros.

2.2.4 Automatización

Según Logicbus (2019) definen automatización como “El conjunto de elementos o procesos informáticos, mecánicos y electromecánicos que operan con mínima o nula intervención del ser humano”. En otras palabras, estos normalmente se utilizan para optimizar y mejorar el funcionamiento de un proceso, en donde se involucren acciones repetitivas a gran velocidad con alta precisión en intervalos de tiempo prolongados, situaciones que un ser humano común sería propenso a cometer errores debido a limitaciones en sus sentidos como lo es la visión, la audición, el tacto, al igual que el agotamiento físico.

Por las consideraciones anteriores, se concluye que para automatizar un proceso industrial se debe partir en la reducción de la dependencia de mano de obra humana (ver figura 9) llevando a cabo tareas mucho más complejas por medio de computadoras que procesen cada instrucción de manera precisa y rápida, es por ello que se da uso del PLC, la CPU de este procesara esas instrucciones, de esta forma llevará a cabo el proceso con mayor confiabilidad que una persona siempre y cuando se tenga programado en su memoria instrucciones para cada eventualidad que el proceso industrial requiera.

En conclusión, un PLC proporcionará a la compañía mayor confiabilidad en la elaboración de sus productos, significa entonces que la participación del PLC en la industria en general es muy frecuente a nivel mundial.



Figura 9. Robótica aplicada al ensamblaje de vehículos.

Fuente: <https://images.app.goo.gl/HssA9S2FCwrpCiQa7>

2.2.5 Monitoreo remoto

Según Luxor technologies (2019) definen monitoreo remoto como “Una solución que permite la supervisión de procesos en tiempo real gracias a un sistema aplicado independiente de la infraestructura, sin necesidad de cableado”. En efecto, el monitoreo a distancia permite a los usuarios poder adquirir información o resultados de mediciones de manera remota, es decir sin necesidad de estar cerca del lugar de los hechos, permitiendo al operador o supervisor de área tomar acciones de acuerdo a la información recibida.

Según se ha visto, el monitoreo remoto trabaja como parte fundamental de un sistema de control ya que puede ser utilizado para alertar a distancia cuando las condiciones locales requieran de revisión o acción de manera inmediata lo cual permite que el equipo identifique problemas y tome medidas para corregirlos remotamente sin necesidad de cables o medios físicos entre ellos. En otras palabras, un monitoreo remoto es fundamental en situaciones en donde una persona no pueda acceder de manera rápida, tan rápida como una señal de alerta a una pantalla que muestre el estado actual del proceso industrial.

2.2.6 PLC (Controlador Lógico Programable)

Según Ingmecafenix (2018) definen a un PLC como:

Una computadora industrial la cual procesa todos los datos de una máquina como pueden ser sensores, botones, temporizadores y cualquier señal de entrada. Para posteriormente controlar los actuadores como pistones, motores, válvulas, etc... y así poder controlar cualquier proceso industrial de manera automática. (p. 1).

Significa entonces que, un PLC es una herramienta empleada para ámbitos industriales, diseñada para procesar información de entrada proveniente de dispositivos como sensores y botones, para llevar a cabo una determinada acción con la velocidad y precisión que solo una computadora puede manejar. Para que un PLC pueda procesar y controlar cualquier sistema se necesita que este previamente programado para la tarea que va a realizar.

En referencia a lo anterior, para poder programar un PLC se necesita un software específico, dependiendo de la marca, cada programa cuenta con diversos lenguajes de programación como lo son diagrama de escalera, de boques y tipo línea de instrucciones, en donde se indica instrucción por instrucción lo que se va a procesar y controlar.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables (PLC), presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.

2.2.6.1 Tipos de PLC

PLC tipo Nano

Generalmente integran la fuente de alimentación, la CPU y las entradas y salidas, la diferencia con el tipo compacto es que maneja un conjunto reducido de entradas y salidas (ver figura 10). el tipo nano permite manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.



Figura 10. Controlador lógico programable tipo Nano
Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/que-es-un-plc/>

PLC tipo Compacto

Tienen incorporada la fuente de alimentación, su CPU y los módulos de entrada y salida en un solo módulo principal (ver figura 11). Permiten manejar desde unas pocas entradas y salidas hasta varios cientos, pero no pueden expandir sus modelos, su tamaño es superior a los de tipo Nano y soportan una gran variedad de módulos especiales, tales como:

- § Entradas y salidas análogas
- § Módulos contadores rápidos
- § Módulos de comunicaciones
- § Interfaces de operador
- § Expansiones de entrada y salida



Figura 11. Controlador lógico programable tipo Compacto

Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/que-es-un-plc/>

PLC tipo Modular

Este tipo de PLC tiene la ventaja de que pueden ser configurados conforme a las necesidades existentes, ya que cada módulo está por separado y puedes armar tu PLC según tus requerimientos (ver figura 12). Es decir, tienes que escoger que tipo de fuente de alimentación usar, que tipo de CPU como también su versión, en caso de que se necesiten módulos especiales para ampliar sus entradas y salidas ya sean del tipo analógicas como digitales, entre otros módulos.



Figura 12. Controlador lógico programable tipo Modular

Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/que-es-un-plc/>

2.2.6.2 Partes de un PLC

Por lo general integran partes como lo son:

- § Fuente de alimentación
- § Unidad de procesamiento central (CPU)
- § Módulo de entradas/salidas
- § Módulo de memorias
- § Unidad de programación

2.2.6.3 Lenguaje de programación de PLC

Los lenguajes de programación de PLC son símbolos, caracteres y reglas de uso que fueron diseñados para poder tener una comunicación de los usuarios con las máquinas. Gracias a este vínculo, podemos ser capaces de crear un programa con instrucciones para controlar el funcionamiento de cualquier proceso o máquina.

En este propósito, existe diversidad dentro de los lenguajes de programación debido a que los usuarios tienen diferente formación en diferentes ramas de la ingeniería, por ejemplo, los ingenieros eléctricos y electrónicos están acostumbrados a utilizar símbolos en los diagramas eléctricos, mientras que los ingenieros en sistemas siempre utilizan lenguajes escritos, por lo cual unos prefieren programar un lenguaje más visual y otros prefieren un lenguaje escrito.

Lenguaje tipo Diagrama de Escalera o Ladder

Este lenguaje fue uno de los pioneros ya que fue uno de los primeros en ser utilizados, ya que se asemeja mucho a los diagramas con relevadores. Se le llama de escalera porque es muy similar a la estructura de una escalera (ver figura 13). Este último contiene dos rieles verticales, y varios rieles horizontales (en este caso serían los escalones).

Características principales del lenguaje:

- § Los 2 rieles verticales son de alimentación (en el caso de VCD uno es voltaje y otra tierra y en VCA son L1 y L2)
- § Las instrucciones se colocan del lado izquierdo
- § Las salidas siempre se colocan del lado derecho.
- § Se pueden colocar varias instrucciones o varias salidas en paralelo.
- § El procesador del plc interpreta los datos de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

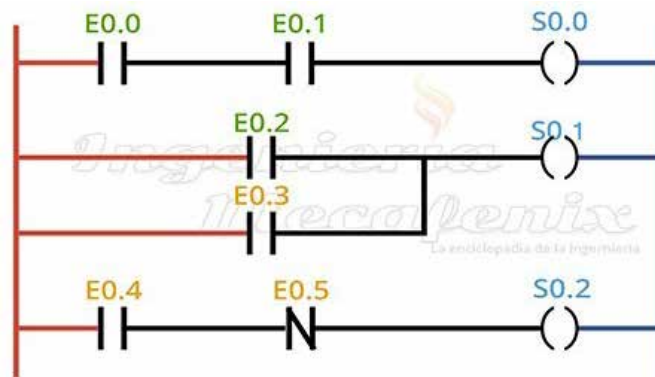


Figura 13. Programación usando diagrama de escalera o ladder
Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/lenguajes-programacion-plc/>

Lenguaje tipo Diagrama de bloques

En este tipo de programación se utilizan bloques de símbolo lógicos. Las salidas no se requieren incorporar a una bobina de salida, porque la salida está asignada en las salidas de los bloques lógicos (ver figura 14). Estos diagramas en su mayoría son preferidos por personas acostumbrados a trabajar con circuitos de compuertas lógicas, ya que la simbología utilizada es equivalente.

Características principales del lenguaje:

- § Las salidas de los bloques no se conectarán entre sí.
- § La evaluación de una red se termina antes de iniciar la siguiente

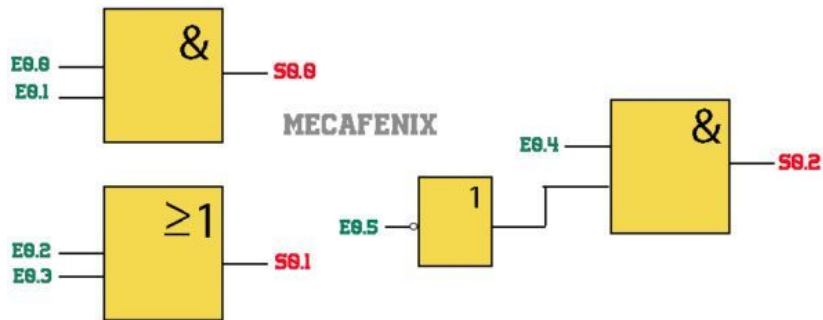


Figura 14. Programación usando Diagrama de bloques

Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/lenguajes-programacion-plc/>

Lenguaje tipo Lista de instrucciones

Este tipo de lenguaje es el más antiguo y es la base para todos los lenguajes de programación que existen, este lenguaje es el precursor del diagrama escalera ya que este se utilizaba cuando las computadoras aun no tenían capacidad gráfica (ver figura 15). Todos los lenguajes son traducidos a lista de instrucciones.

Características principales del lenguaje:

- § Todos los lenguajes pueden ser traducidos a lista de instrucciones, pero no al revés haciendo la programación más compacta.
- § Este lenguaje es el más completo de todos.



Figura 15. Programación usando lenguaje tipo lista de instrucciones

Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/lenguajes-programacion-plc/>

En conclusión, es esencial recalcar la importancia que tiene la aplicación de un PLC en la industria hoy en día, siendo este último un artefacto fundamental para aplicarse a empresas en donde se tengan procesos repetitivos, de los cuales una persona común se pudiese cansar, trayendo como consecuencia la generación de errores de manera involuntaria y desconcentración por parte del operador, es por ello que la aplicación de un PLC reduce estas situaciones haciendo que la empresa se convierta en una tecnológicamente más competitiva, reduciendo fallas y costos por mano de obra, en otras palabras, la dependencia de computadoras que procesen la información enviada por los sensores desplegados en el proceso serán de mayor confiabilidad, ya que una computadora no se cansa, no se enferma, no tiene necesidades fisiológicas como tampoco se desconcentra en medio de su labor, algo que cualquier ser humano haría en medio de una jornada laboral.

2.2.7 HMI (Human Machine Interface)

Según Wonderware (2019) definen a una HMI como:

La Interfaz Hombre Máquina (HMI) es la interfaz entre el proceso y los operadores, básicamente un panel del operador. Es la herramienta principal con la cual los operadores y los supervisores de la línea coordinan y controlan los procesos industriales y de fabricación en la planta.

Según se ha citado, una interfaz hombre máquina (HMI) es un dispositivo en forma de pantalla que permite visualizar y controlar el proceso que maneja una máquina, es a partir de esta en donde el operador puede realizar ajustes, visualizar variables de proceso como lo son el nivel de tanques, estado y temperatura de un motor, velocidad, acople de piezas móviles, dar arranque y parada a ciertas partes del proceso y por último visualizar alertas o advertencias de situaciones que ameriten asistencia técnica (ver figura 16).

Cabe destacar que, el uso de pantallas HMI en la industria es muy común al momento de querer automatizar un proceso o campo industrial, ya que permite monitorear variables de proceso a distancia.

En relación a este último, se quiere decir que con un monitoreo remoto no es necesario tener personal cerca del lugar de los hechos, por otra parte, una HMI ideal es que su diseño sea lo más básico y fácil de manipular, que con solo verla se explique por sí misma, sin necesidad de capacitar al operador.



Figura 16. Interfaz Hombre máquina (HMI) marca siemens

Fuente: <https://images.app.goo.gl/xKnspwLTU6JCU76m6>

2.2.8 Motor eléctrico

Según Tercesa (2019) definen un motor eléctrico como: “Un dispositivo que produce movimiento a partir de la energía eléctrica. Es decir, transforma la energía eléctrica en energía mecánica”. Como puede observarse, un motor eléctrico es de amplio uso en la industria y en nuestra vida cotidiana, debido a que, en la actualidad, la electricidad podemos moldearla a nuestra conveniencia.

Los motores eléctricos se componen básicamente de un rotor y de un estator, siendo el rotor la parte móvil giratoria mientras que el estator es parte fija del motor, su funcionamiento se basa en la interacción de campos magnéticos entre ambas partes del motor, la repulsión de ambos campos genera un movimiento.

Cabe destacar que, los motores eléctricos trabajan con corriente alterna y corriente directa, cada motor eléctrico está constituido por diversos tipos de conexiones y funcionamiento.

Significa entonces, piezas fundamentales del motor eléctrico son el rotor y estator (ver Figura 17). El estator, da soporte mecánico al aparato y contiene los polos de la máquina, que pueden ser o bien devanados de hilo de cobre sobre un núcleo de hierro, o imanes permanentes. Por otra parte, tenemos al rotor el cual es la pieza móvil a la cual se le acopla en su eje complementos como hélices para la refrigeración del motor.

En sus aplicaciones la utilización de motores CD (Corriente Directa) son de los más utilizados al momento de realizar varios procesos sobre todo cuando se requiere realizar un control preciso de la velocidad de un motor. Por otra parte, tenemos a los motores de corriente alterna que pueden trabajar en diversas aplicaciones tanto a nivel industrial como doméstico. En la actualidad, el motor de corriente alterna es el que más se utiliza para la mayor parte de las aplicaciones, debido fundamentalmente a que consiguen un buen rendimiento, bajo mantenimiento y sencillez, en su construcción, sobre todo en los motores asíncronos. A demás, una de las ventajas más notorias del motor de alterna es que, en la actualidad podemos regular la frecuencia que lo alimenta.

Con referencia a lo anterior, las ventajas más importantes del motor de alterna en la actualidad es que podemos regular la frecuencia con la que alimentamos dicho motor, dando uso de dispositivos electrónicos como los arrancadores suaves y variadores de frecuencia, estos consisten en que, si aumentamos o disminuimos la frecuencia de alimentación del motor podemos aumentar o disminuir la velocidad de giro de nuestra máquina, trayendo consigo que su funcionamiento sea adaptado adecuadamente a lo que se requiera.

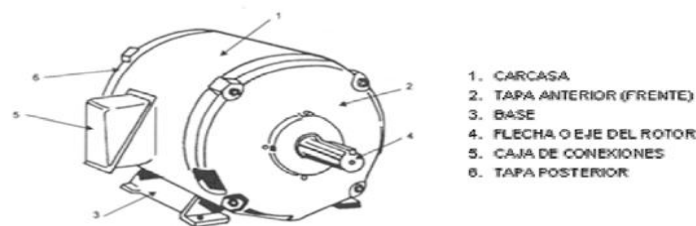


Figura 17. Partes de un motor eléctrico de corriente alterna

Fuente: <https://images.app.goo.gl/icpvM9TdDpauz6mR7>

2.2.9 Variador de frecuencia

Según ABB (2019) definen un variador de frecuencia como:

Un regulador industrial que se encuentra entre la alimentación energética y el motor. La energía de la red pasa por el variador y regula la energía antes de que ésta llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento. (p. 1).

En efecto, el variador de frecuencia regula la velocidad de motores eléctricos para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación, reduciendo el consumo energético del motor entre un 20% y un 70% ofreciendo a su vez ventajas financieras, operativas y medioambientales ya que supone una mejora de la productividad, incrementa la eficiencia energética y a la vez alarga la vida útil de los equipos (ver figura 18).

Con referencia a lo anterior, un uso común de este dispositivo es incorporarlo dentro del control de velocidad para mezcladoras como las utilizadas en las industrias alimenticias, en donde mezcladoras que no cuentan con un variador de frecuencia para regular la velocidad de sus motores, deban aplicar en el arranque altos picos de corriente al motor, tal que pueda hacer girar las aspas acopladas al eje de la máquina, en donde estas están en contacto físico con los ingredientes dentro de la tolva.

En consecuencia, la corriente es máxima en el arranque ya que existe un torque que se opone al movimiento debido a los ingredientes en la tolva y también el generado por la fricción interna del mecanismo, lo ideal sería que el movimiento de estas aspas sea lento en el inicio para reducir el alto gasto energético, en otras palabras si se incorpora un variador de frecuencia que pueda regular la corriente suministrada a la máquina, para que su arranque sea lento al inicio y aumente su velocidad luego de un tiempo determinado, traería como resultado reducir el desgaste prematuro en los componentes del motor como lo son las aspas acopladas al eje y sus rodamientos, al igual que generaría ahorros energéticos significativos durante cada arranque y parada de la máquina.



Figura 18. Variador de frecuencia marca Siemens

Fuente: <https://images.app.goo.gl/rnJ6Y8uHLHaAPtHE8>

2.2.10 Instrumentos de medición

Según Ingmecafenix (2018) definen un Instrumento de medición como “un aparato que se usa para medir las magnitudes físicas de distintos fenómenos”. En efecto, en el mundo existen ciertas magnitudes físicas que están presentes en nuestra cotidianidad, es por ello que todos los instrumentos deben ser especificados para cada aplicación sea industrial o doméstica, es por ello que las especificaciones nos permitirán conocer hasta qué punto podemos dar uso de dicho instrumento. En la actualidad existen sensores que permiten hacer medidas de ciertas magnitudes cuyas aplicaciones dependen de características como precisión, margen de error, repetitividad, reproducibilidad, entre otras.

En referencia a lo anterior, los instrumentos de medición permiten realizar mediciones físicamente como también a distancia. Existe una gran cantidad de sensores en el mercado, para poder medir magnitudes físicas, como, por ejemplo: Temperatura, Humedad, Presión, Posición, Movimiento, Caudal, Luz, Imagen, Corriente, entre otros.

2.2.11 Software STEP 7 BASIC V11

Según Siemens (2019) definen STEP 7 como “El software de ingeniería más conocido y utilizado en la automatización industrial en todo el mundo”.

En efecto, lo que quiere demostrar es que la misma ha facilitado la automatización de varios procesos industriales, optimizando tiempos de producción, aumentando la producción, disminuyendo costos con la mínima intervención del operario. Además, cabe recalcar que el software STEP 7 BASIC V11 (ver figura 19) es exclusivo de SIEMENS. Por otra parte, el software STEP 7 BASIC permite programar PLC's mediante lenguajes de programación como lo es el lenguaje ladder (ver figura 20).



Figura 19. Software STEP 7 BASIC V11
Fuente: <https://images.app.goo.gl/jo1qBVmSpVHTRUfg6>

2.2.12.1 Beneficios de implementar el Software STEP 7

STEP 7 es el sistema de ingeniería para cada fase del ciclo de vida de la producción que permite:

- **Reducir el tiempo invertido en ingeniería** gracias a las innovaciones del habla, así como a las funciones integradas y a la configuración gráfica
- **Puesta en marcha rápida** con la localización de errores eficiente a través del diagnóstico del sistema integrado, del seguimiento en tiempo real y las funciones en línea.
- **Menor tiempo de parada** gracias al mantenimiento a distancia sencillo y al diagnóstico con el servidor web.
- **Seguridad de las inversiones** con la reutilización de componentes, las librerías y la compatibilidad

2.2.12.2 Lenguajes de programación

- Esquema de contactos (KOP)
- Diagrama de funciones (FUP)
- Texto estructurado (SCL)
- Lista de instrucciones (AWL)
- Programación secuencia (GRAPH)

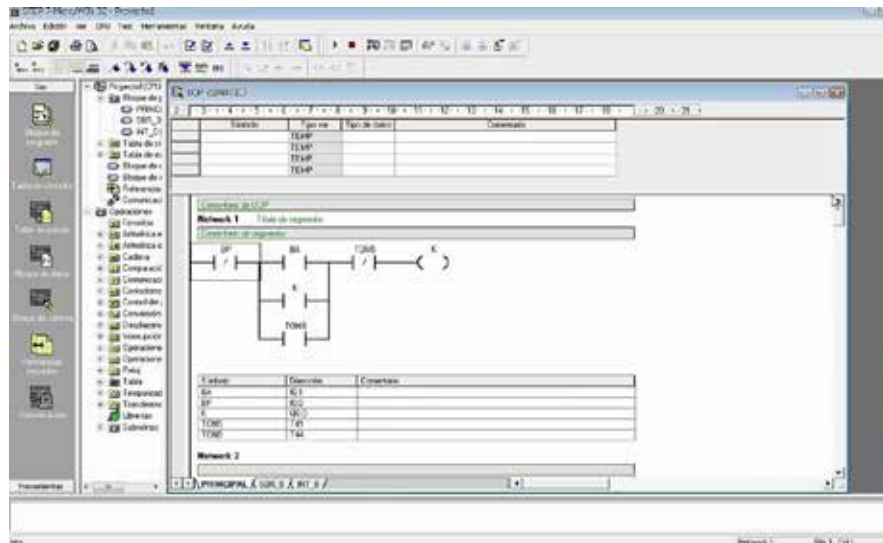


Figura 20. Programación en Ladder usando STEP 7 BASIC V11

Fuente: <https://images.app.goo.gl/gXxNoJiXo7N6cH8v6>

2.3. Definición de Términos Básicos

Software: Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

Hardware: Es el conjunto de partes físicas tangibles de un sistema informático; como por ejemplo componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos.

Especificaciones técnicas: son los documentos en los cuales definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de fabricación de equipos.

Actuador: Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.

Sensores: Dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia, además que, pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas.

Guardamotor: Es un interruptor magneto térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos.

Almacenamiento: Es una parte de la logística que incluye las actividades relacionadas con el almacén, guardar y custodiar existencias que no están en proceso de fabricación, ni de transporte.

Materia Prima: Materia extraída de la naturaleza y que se transforma para elaborar materiales que más tarde se convertirán en bienes de consumo.

Confitería: Comercio donde se elaboran dulces, galletas y caramelos en general.

Mediciones: Acto para determinar la magnitud de un objeto en cuanto a cantidad.

Programación: Proceso que se utiliza para idear y ordenar las acciones que se realizarán en el marco de un proyecto.

Transmisión: Intercambio o el envío de información en formato analógico o digital. través de antenas, cables y otros dispositivos.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico de la investigación se puede definir como la explicación de las herramientas que se utilizan para analizar la problemática que se presente en una investigación. Arias, F. (2012), según el marco metodológico expresa que: “La metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el “cómo” se realizará el estudio para responder al problema planteado”. (p. 110).

3.1. Tipo de Investigación

El trabajo se desarrollará bajo la modalidad de proyecto factible ya que el mismo propondrá solución a una problemática que se presenta actualmente dentro de la Galletera Trigo de Oro C.A. De esta manera, Palella y Martins (2010), expresan que “El proyecto factible consiste en elaborar una propuesta viable destinada a entender necesidades específicas determinadas a partir de una base diagnosticada”. (p. 91).

Según se ha visto, esta investigación está orientada a la adecuación de máquinas empaquetadoras de galletas, en donde se añadirán funciones automatizadas en los controles del equipo, en otras palabras, la máquina empaquetadora contará con nuevos controles y funciones añadidas renovando su diseño, para así tener un equipo más moderno, eficiente y seguro, adecuado a nuevas capacidades de producción.

A manera de resumen final, se dice que la presente investigación se puede calificar como del tipo factible, ya que la misma, constituye un estudio a partir de la situación actual en la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. siendo estos datos recolectados los necesarios para proponer soluciones a la problemática existente, es por lo que se considera el desarrollo de la investigación como un proyecto factible, cuyo enfoque se centra en proponer el diseño de un sistema automatizado que permita solucionar los problemas actuales que la empresa acarrea en su proceso de empaque.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es el conjunto de directrices que toma el investigador con el fin de observar, analizar y plantear una solución de ser posible a la problemática objeto de la investigación. Es un diseño no experimental basado en una investigación de campo y documental, debido a que es necesario una recolección previa de datos como lo son: Utilidad de un sistema automatizado de empaque, Practicidad de visualizar y controlar parámetros y alertas de una máquina empaquetadora. Según Palella y Martins (2010) definen como investigación de campo a:

La Investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta. (p. 97).

A su vez Fidias (2012) define como investigación documental a:

La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos. (p. 27).

En referencia a la clasificación anterior, el diseño de esta investigación va orientada hacia la investigación de campo y documental, debido a que el desarrollo de la investigación se realizará directamente en el lugar de los hechos tomando en cuenta referencias documentales propiedad de la compañía empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. como lo son reportes de averías, accidentes, materiales dañados por la máquina empaquetadora, fotografías, manuales y registros del equipo.

3.3 Nivel de Investigación

El nivel de investigación se refiere según Arias, F (2012) “al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno”. Así pues, el nivel de investigación establece hasta qué punto se llevará a cabo el estudio del tema o problema planteado.

En efecto, tomando en cuenta el tipo de investigación, se conocerá el nivel en el cual se basa todo el estudio. También el nivel permite saber qué factores tienen que intervenir para el desarrollo de toda la investigación. La investigación poseerá un nivel descriptivo, ya que detallara los problemas que se presentan en la actualidad, en donde se estudiaran de manera organizada las características de la problemática existente y de esta manera ofrecer una solución viable. Es por lo que, Palella y Martins (2010), definen que “El propósito de este nivel es de interpretar realidades de hecho. Incluye descripción, registro análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de fenómenos”. (p. 86).

3.4 Población y Muestra

Para este proyecto se tomará como población a las máquinas empaquetadoras 07 y 011, las cuales forman un total de 3 equipos que se encuentran instalados dentro de la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. En donde población lo define Ramírez, T. (1993), como “... Un conjunto que reúne a individuos, objetos, etc., que pertenecen a una misma clase por poseer características similares, pero con la particularidad de estar referidas a un conjunto limitado por el ámbito del estudio a realizar...” es por ello que la población del objeto de estudio es orientada a los equipos 07 y 011.

En referencia a la clasificación anterior, la población del objeto de estudio es orientado a los equipos empaquetadores de galletas de la compañía, debido a que son estos los utilizados para realizar el empaquetado de las galletas, los mismos que a su vez presentan la necesidad de realizar una adecuación en su diseño como lo son sus controles, protecciones, funcionamiento y capacidad de producción.

La muestra tomada será una de las máquinas antes descritas, los cuales serán el foco de estudio de la presente investigación. En este propósito la muestra según Arias, F. (2006) “... Se puede definir como un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible...”. En efecto, la muestra utilizada fue otorgada por el personal administrativo de la empresa, para poder llevar a cabo dicha investigación.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

Con respecto a Sabino C (2002), define los datos como “cada uno de los elementos de información que se recoge durante el desarrollo de una investigación y sobre la base de los cuales, convenientemente sintetizados, podrán extraerse conclusiones de relevancia en relación al problema inicial planteado”. (p. 82). Con la finalidad de recolectar datos se dispondrá de técnicas, tanto cuantitativas como cualitativas. Posteriormente, Hernández, Fernández y Baptista (2006), definen el proceso de recolección de información como “La etapa que consiste en recolectar los datos pertinentes sobre las variables involucradas en la investigación”. (p. 234).

En tal sentido, Ramírez (2009), define a la técnica de recolección de datos como “Un procedimiento más o menos estandarizado que se ha utilizado con éxito en el ámbito de la ciencia”. (p. 137). Así mismo según Ramírez (2009), un instrumento de recolección “Es un dispositivo de sustrato material que sirve para registrar los datos obtenidos a través de las diferentes fuentes”. (p. 165). En el objeto de estudio presentado, se utilizarán las siguientes técnicas de recolección de datos: observación directa, revisión bibliográfica, revisión documental, lista de cotejo, entrevistas a los supervisores del área de empaque de la Galletera Trigo de Oro, C.A.

3.5.1 Observación directa

De acuerdo a lo antes mencionado, es necesario tener en consideración la definición de observación directa: según el libro “El Proceso de la Investigación” de Sabino, C. (1992), señala que: "La observación directa es aquella a través de la cual se puedan conocer los hechos y situaciones de la realidad social". (p. 134). En efecto, la toma de datos se realizará personalmente en la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A.

3.5.2 Entrevista Semiestructurada

Para el desarrollo de esta investigación se realizó una entrevista semiestructurada que según Sabino (1992) la define como “...aquella en que existe un margen más o menos grande de libertad para formular las preguntas y las respuestas”. (p. 18).

En efecto, el uso de esta técnica durante la adquisición de datos será de gran aporte al momento de buscar aspectos importantes para el diseño de la adecuación de máquinas empaquetadoras, en otras palabras, serán los entrevistados los que ofrezcan información específica referente al objeto de estudio como también se aportará información adicional según se vayan desarrollando las preguntas. Cabe destacar que el desarrollo de esta entrevista deberá hacerse a personal calificado en el área.

3.5.3 Lista de Cotejo

Según SENCE (2019), define a una lista de cotejo como:

Un instrumento estructurado que registra la ausencia o presencia de un determinado rasgo, conducta o secuencia de acciones. La lista de cotejo se caracteriza por ser dicotómica, es decir, que acepta solo dos alternativas: si, no; lo logra, o no lo logra, presente o ausente; entre otros. (p. 1).

Según se ha citado, el uso de la lista de cotejo será parte de nuestras técnicas de recolección de datos, como ya se ha aclarado una lista de cotejo trabaja similar a una lista de chequeo, cuyo uso consistirá en tomar una lista orientada hacia las piezas y funciones actuales de las máquinas empaquetadoras de galletas de la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. marcando una de las dos opciones disponibles, con la finalidad de llevar estos resultados desde un aspecto cuantitativo a uno cualitativo, para finalmente ser demostrado mediante gráficos los resultados analizados.

3.5.4 Revisión Documental

Con referencia a Arias (2006), lo define como “Un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”. Por medio de la recopilación documental se obtendrá información de datos a partir de documentos escritos o no escritos propios de la empresa, al igual que se dará uso de medios electrónicos que aporten información precisa, esquemas, diseños y enfoques similares para así tomarse como guía que apoye al desarrollo de la adecuación de las maquinas empaquetadoras 07 y 011 de la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A.

3.5.5. Revisión Bibliográfica

En relación con Gálvez, A. (2002), define la revisión bibliográfica como “Un procedimiento estructurado cuyo objetivo es la localización y recuperación de información relevante para un usuario que quiere dar respuesta a cualquier duda relacionada con su práctica, ya sea esta clínica, docente, investigadora o de gestión”.

Mediante esta técnica se elaborará una base teórica a cada una de las herramientas utilizadas en los objetivos, se revisarán trabajos de grado con problemáticas similares al objeto de estudio a desarrollar, cuyos contextos deberán llevar la misma dirección de ideas que este, por otra parte, se consultarán libros y páginas electrónicas, de esta forma nos aseguraremos de tener un apoyo bibliográfico amplio y confiable referente a la situación actual presentada dentro de la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A.

3.6 Técnicas de Análisis de Resultados

Una vez aplicado los instrumentos, y recolectada la información, en este caso el cuestionario, se procederá a la tabulación y análisis de los datos de acuerdo a las técnicas de la estadística descriptiva, serán registrados en cuadros, cuyos resultados se ilustrarán en gráficas y de modo porcentual de manera que se perciban con mayor claridad los resultados obtenidos en la investigación. Todo esto a objeto de permitir una mejor interpretación de los datos obtenidos y apreciar de manera gráfica todos los aspectos importantes para el diseño de la automatización del empaquetado de la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A.

3.7 Fases de la Investigación

Fase I: “Diagnostico de la situación actual del proceso de empaque de las maquinas 07 y 011 para la empresa Galletera trigo de oro, C.A”.

Actividades:

- Se realizará la evaluación y observación para el diagnóstico del empaquetado de galletas de la empresa Galletera trigo de oro, C.A.
- Se realiza la revisión documental del funcionamiento para un sistema automatizado de máquinas empaquetadoras de alimentos.

Fase II: “Identificación de las variables del proceso de empaque de las maquinas 07 y 011 para la empresa Galletera trigo de oro, C.A”.

Actividades:

- Se tomarán una lista de las variables y características involucradas en el proceso de empaquetado de galletas de la empresa Galletera trigo de oro, C.A.
- Mediante la información de características y variables obtenidas, se procederá a identificar las fallas y puntos críticos del empaquetado de galletas.
- Se tomarán una lista de todas las variables tanto operativas como no operativas del proceso de empaquetado de galletas.

Fase III: “Diseño de la adecuación del proceso de empaque de las maquinas 07 y 011 para la empresa Galletera trigo de oro, C.A”.

Actividades:

- Mediante la información obtenida, se realiza la selección de los componentes a utilizar en la automatización para dicho proceso, con la finalidad de que sea posible su futuro desarrollo.
- Se realizará el diagrama de escalera de la programación del PLC.
- Se realizará el diseño de la interfaz gráfica mediante una HMI para el control y visualización del proceso.

Fase V: “Estudio de factibilidad técnico, operativo, económico, social y ambiental para el desarrollo de la propuesta”.

Actividades:

- Se evaluará la factibilidad económica sobre la automatización e instrumentos a utilizar para que sea posible su futuro desarrollo.
- Determinar los beneficios que recibe la compañía Galletera trigo de oro, C.A. para el estudio de factibilidad técnica y operativa.
- Identificar los aportes que ofrece el proyecto en el ámbito social y ambiental.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo se explican los resultados obtenidos para cada fase del proyecto.

4.1 Fase I: Diagnóstico de la situación actual del proceso de empaque de las maquinas 07 y 011 para la empresa Galletera trigo de oro, C.A.

El diagnóstico de la situación actual del proceso de empaque consistió en una visita realizada a las instalaciones de la empresa Galletera trigo de oro, C.A. ubicándonos en la sala de empaque de la compañía (ver figura 21), siendo esta, el lugar en donde se desarrolló la propuesta, en efecto, se realizaron diferentes análisis del proceso de empaque por medio de técnicas de recolección de datos, como lo fue la observación directa dentro del lugar de los hechos, se logró la observación y registro fotográfico del proceso, se realizó la entrevista semiestructurada hacia el personal supervisor de empaque, lista de cotejo para las empaquetadoras marca cavanna 07 y 011 (ver figura 22), por último, revisión documental y bibliográfica pertenecientes a la compañía.

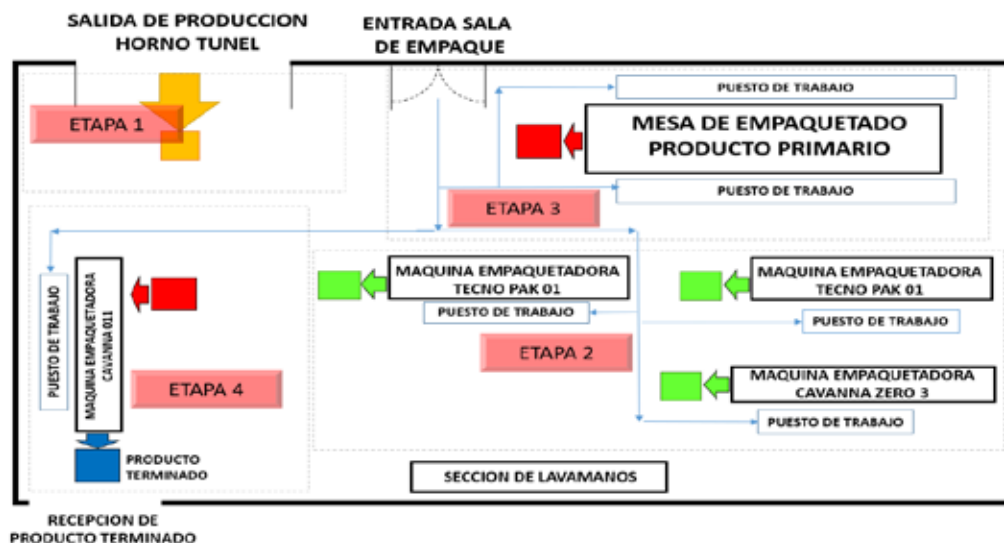


Figura 21. Diagrama de layout para la sala de empaque de la empresa Galletera trigo de oro, C.A.

Fuente: Lopiparo (2020)

En este propósito, la observación directa garantizó la recolección de datos como lo fue conocer el funcionamiento de las maquinas empaquetadoras cavanna en sus modelos 07 y 011, siendo estas las empleadas en procesar los productos de la compañía, se observó que, durante su funcionamiento dichos equipos presentan cierta dificultad al momento de ajustar los parámetros del proceso ya que sus controles están ubicados en diversas partes de la maquina como también la mayoría de los controles son netamente mecánicos, difíciles de maniobrar además de que no poseen indicadores para normalizar cada parámetro de la empaquetadora como si de una receta se tratase (ver figura 22) (ver figura 23), es decir, el operador por experiencia propia sabe de manera empírica cual es el ajuste aproximado que debe hacer para poner a funcionar el equipo.



Figura 22. Vista frontal para los controles de la empaquetadora cavanna 011
Fuente: Lopiparo (2020)

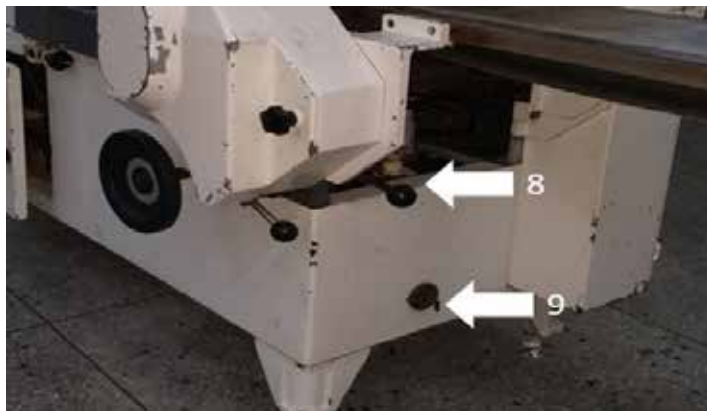


Figura 23. Vista lateral para los controles de la empaquetadora cavanna 011
Fuente: Lopiparo (2020)

Procedemos a describir cada control de la maquina cavanna 011:

1. Controles de arranque, parada de emergencia y avance manual del papel.
2. Luces piloto y control de exclusiones de seguridad.
3. Termostatos de rodillos y mordazas selladoras.
4. Palancas para abrir y cerrar rodillos selladores.
5. Manivela para ajustar altura de los rodillos selladores.
6. Manivela para ajustar la posición de las mordazas selladoras.
7. Manivela para ajustar la longitud del paquete.
8. Palancas para desacoplar mordazas selladoras.
9. Manivela para ajustar velocidad de empaque.

El proceso para la puesta en marcha de las empaquetadoras cavanna 07 y 011 (ver figura 24) consta de una serie de pasos en donde el operador luego de encender el equipo deberá ajustar los parámetros de la maquina como lo son: la temperatura y posición de los rodillos y mordazas selladoras, verificar las exclusiones de seguridad, posteriormente, el operador debe esperar a que los selladores lleguen a la temperatura ideal para el producto a procesar, mientras tanto, el operador debe acoplar la bobina del material de empaque en el rodillo y ajustar el papel para que los rodillos selladores sean los que arrastren y sellen el mismo, Finalmente, se coloca los paquetes en el riel (ver figura 25) para así dar inicio funcionamiento del equipo.



Figura 24. Proceso de puesta en marcha para empaquetadora cavanna 07 y 011

Fuente: Lopiparo (2020)



Figura 25. Procesamiento de producto por la empaquetadora cavanna 011

Fuente: Lopiparo (2020)

Estos equipos son propensos a generar pérdida de material de empaque (ver figura 26) lo cual se debe a deficiencia en la ergonomía laboral al momento de procesar los productos (ver figura 25). Hecha la observación anterior, la pérdida de material de empaque es una de las fallas más críticas durante el funcionamiento de la empaquetadora, debido a que el proceso de colocar los paquetes en la banda transportadora es manual, rápido y repetitivo lo cual es propenso a generar fallos.

En efecto, el proceso de colocar los paquetes en el riel es una tarea que depende completamente del personal obrero, en donde el proceso es repetitivo y poco ergonómico, ya que se observó como los obreros deben estar de pie frente al riel de la empaquetadora en posición encorvada, viendo directamente el sitio donde deben ubicar el paquete de manera manual y rápida, lo cual resulta una labor monótona que de no recibir descansos frecuentes, esta tarea provocaría que estos empleados se fatiguen y ubiquen mal el paquete, lo cual ocasiona que, al final del proceso de empaquetado, el paquete sea dañado por la cuchilla selladora trayendo como consecuencia una pérdida económica a la empresa por el producto y material de empaque dañado, siendo esta una de las razones por la que se detiene el proceso frecuentemente.



Figura 26. Material de empaque deteriorado por la empaquetadora cavanna 011
Fuente: Lopiparo (2020)

Con referencia a lo anterior, se observó como las pausas intermitentes de la empaquetadora generó cuellos de botella en el proceso de empaque de los productos de la compañía, a su vez provoca que procesos anteriores y posteriores a este se detuviesen, es por ello que se reducen las metas de producción y empaque ya que este proceso de empaque se encuentra en el centro de los procesos que conforman la fabricación de galletas, este último se constituye primeramente por el proceso de producción de galletas luego se tiene el proceso de empaquetado y por último, el proceso de embalaje y despacho de la mercancía. Es por ello que los tres van en secuencia y si el proceso de empaquetado se detiene los demás también lo harán.

En referencia a la clasificación anterior, durante la observación de los procesos y equipos involucrados en la fabricación de los productos de la Galletera trigo de oro, C.A. se aplicó una entrevista semiestructurada dirigida hacia el personal supervisor de empaque, cuyas preguntas fueron orientadas para conocer más sobre el funcionamiento de las máquinas empaquetadoras cavanna y su opinión personal sobre ciertos aspectos de la máquina. Las preguntas y respuestas se detallan a continuación:

- **¿Cuál es el tiempo requerido para la puesta a punto de los parámetros de la empaquetadora 011?**

R: Para un operador experto en el área le toma alrededor de 15 minutos.

- **¿Cómo se puede reducir ese tiempo para la puesta a punto de la empaquetadora 011?**

R: Con la disposición de controles mejor ubicados y más sencillos de maniobrar al igual que la reducción de manivelas y palancas para acoplar y desacoplar partes de la empaquetadora.

- **¿Qué tan eficaz es el proceso de empaquetado con estos equipos a comparación de los demás equipos en la sala de empaque?**

R: El proceso de empaquetado es bueno pero puede mejorar si se añaden ciertas funciones y controles que otros equipos tienen y este no, entre ellos se puede nombrar el control de sus parámetros desde una sola pantalla.

- **¿Qué fallas observas en el funcionamiento de la maquina?**

R: Principalmente la mal posición del producto durante el arrastre de la cadena lo cual genera que el empaque no se situé en una posición correcta al momento de ser sellado, haciendo que el empaque sea aplastado por las cuchillas selladoras dañando el paquete y el producto en su interior.

- **¿Qué opinión darías para mejorar su manejo operativo?**

R: Principalmente la reubicación de los controles para ajustar parámetros como la temperatura de las mordazas y rodillos selladores, velocidad de empaquetado, apertura de piezas de la maquina como los rodillos selladores, reducir las palancas y manivelas como también los controles analógicos que no son muy confiables o en su defecto que no poseen ningún indicador haciendo que el ajuste dependa totalmente del criterio del operador.

- **¿Qué tan confiable es el proceso operativo?**

R: Normalmente el operador debe estar frente a la maquina en todo momento ya que al momento de presentarse una falla, la maquina no posee ningún indicador que alerte sobre algún evento que pueda afectar al funcionamiento de la misma, un ejemplo claro es cuando la temperatura actual de las mordazas no es igual a la temperatura ajustada en el termostato.

Por otra parte, cuando el paquete es aplastado por la mordaza la maquina seguirá sellando, haciendo que los paquetes siguientes les ocurra lo mismo, generando un gasto notorio en materiales e insumos.

· **¿Qué dificultad se presentan al inicio del aprendizaje de esta empaquetadora?**

R: Familiarizarse con los controles y aprenderse los parámetros a ajustar para procesar cada producto de la empresa, ya que la empaquetadora no posee un registro o receta de acuerdo al producto a procesar, por otra parte, resulta difícil llevar a punto el equipo de manera rápida ya que los controles se encuentran en diversos sitios del equipo y en su mayoría son controles netamente mecánicos, sin indicadores y difíciles de maniobrar como palancas y manivelas.

En este propósito, se empleó la técnica de lista de cotejo (ver tabla 1) para analizar el estado de los componentes de la maquina empaquetadora, se diagnosticó que la maquina empaquetadora poseía elementos que estaban en buen estado (B) y en estado regular (R), en este caso se analizó la cavanna 011 y se detalla a continuación:

Tabla 1. Lista de cotejo para piezas de la empaquetadora cavanna 011

Fuente: Lopiparo (2020)

N°	Pieza de la empaquetadora cavanna 011	Estado	
		B	R
1	Controles de arranque, parada de emergencia y avance manual del papel	X	
2	Luces piloto y control de exclusiones de seguridad	X	
3	Termostatos de rodillos y mordazas selladoras		X
4	Palancas para abrir y cerrar rodillos selladores		X
5	Manivela para ajustar la altura de los rodillos	X	
6	Manivela para ajustar la posición de las mordazas selladoras		X
7	Manivela para ajustar la longitud del paquete		X
8	Palancas para desacoplar mordazas selladoras		X
9	Manivela para ajustar velocidad de empaque		X

Por último, se aplicó la técnica de revisión bibliográfica y documental, en donde, primeramente se revisaron los manuales de las maquinas empaquetadoras cavanna 07 y 011 (ver figura 27) ambos propiedad de la empresa Galletera trigo de oro, C.A.

En efecto, estos documentos son cruciales para entender mejor el funcionamiento correcto del equipo y la función de cada elemento de control, además, se observó el modo correcto de maniobrar cada uno de estos controles para la puesta a punto del equipo, como también se revisó el diagrama eléctrico del equipo y como ha sido modificado a lo largo de los años por el personal de mantenimiento de la empresa Galletera trigo de oro, C.A. Por último, el manual nos enseñó los procedimientos para llevar a cabo el mantenimiento que requiere el equipo según las horas de trabajo a las que es sometido.

Para concluir con la revisión documental, se revisaron los registros de material de empaque dañado por las empaquetadoras en el primer trimestre del año 2019 en donde dicha información formó parte del cálculo para determinar las pérdidas económicas que sufrió la empresa en aquel periodo (ver tabla 2).



Figura 27. Manuales de la empaquetadora cavanna 011

Fuente: Lopiparo (2020)

Tabla 2. Pérdidas económicas por material de empaque dañado

Fuente: Lopiparo (2020)

Kg de polipropileno	Tipo de material	Costo x Kg polipropileno	Perdida económica
47,12 kg	Perlado	7,1 \$	334,55\$
22,87 kg	Transparente	3,7\$	84,62\$
		Total	419,17\$

Finalmente, en la revisión documental se revisó los documentos de accidentes laborales hacia los operadores para ese mismo periodo del año 2019, mostrando que tanto operadores como personal que labora en ella son propensos a herirse o marearse durante el funcionamiento de la máquina (ver tabla 3).

En referencia a lo anterior, la falta de ergonomía laboral en el momento de colocar las galletas en riel provoca que el obrero sienta mareos al estar en una posición encorvada en donde la sangre no circule de manera ideal por la cervical y que además no pueda dejar de ver como los paquetes se mueven a través del riel a gran velocidad (ver figura 25), es por ello que el proceso de colocar los paquetes en el riel sea fatigante para el personal. Entre otros casos, están las quemaduras y cortadas que puede sufrir el operador durante el funcionamiento de las mordazas selladoras, en donde, sin el debido cuidado y conocimiento de los riesgos que existen al momento de operar dicho equipo, podría resultar fatal para la salud de dicho operador.

Tabla 3. Accidentes ocurridos frente a la empaquetadora cavanna 011

Fuente: Lopiparo (2020)

Tipo de accidentes	Cantidad
Quemaduras por contacto con mordazas selladoras	3
Personal desmayado frente a la banda transportadora	4
Cortes por mordazas selladoras	1

4.2 Fase II: “Identificación de las variables del proceso de empaque de las maquinas 07 y 011 para la empresa Galletera trigo de oro, C.A.”.

El desarrollo de esta fase de la investigación consistió en visualizar e identificar las variables involucradas en el proceso del empaquetado, es decir, los diferentes parámetros que se deben ajustar y supervisar durante del funcionamiento de las empaquetadoras cavanna 07 y 011. En efecto, estos equipos cuentan con diferentes controles ubicados en diversas partes de cada máquina, los cuales ajustan las siguientes variables del proceso:

- 4.2.1 Temperatura de mordazas y rodillos selladores:** El uso de termostatos son cruciales para garantizar la temperatura ideal con la que el material de empaque debe ser sellado, si la temperatura es muy alta el papel quedaría muy rígido y difícil de abrir mientras que si es muy baja el papel quedaría blando y poco hermético. Es por ello que los termostatos poseen un indicador para la temperatura actual y la temperatura deseada (ver figura 28).



Figura 28. Termostatos de rodillos y mordazas selladoras

Fuente: Lopiparo (2020)

- 4.2.2 Velocidad de empaquetado:** Este parámetro es ideal para ajustar la maquina a una velocidad estándar, tal que, él operador pueda garantizar un control y registro de cuantos paquetes puede procesar la empaquetadora en un intervalo de tiempo, como por ejemplo, la cantidad de paquetes por minuto que el equipo puede procesar. Las empaquetadoras cavanna modelos 07 y 011 carecían de un indicador de velocidad, tal que, el operador no tenía registro de la velocidad y este solamente controlaba la velocidad girando una manivela (ver figura 29) de manera aproximada para aumentarla o disminuirla.



Figura 29. Manivela para el control de velocidad de empaquetado

Fuente: Lopiparo (2020)

- 4.2.3 Longitud del paquete:** La longitud del paquete a procesar por la empaquetadora cavanna 07 y 011 varia frecuentemente dependiendo del producto a procesar debido a que la empresa Galletera trigo de oro, C.A. posee una amplia variedad de productos con diferentes dimensiones en cada empaque, el operador debía ajustar la longitud del paquete mediante una manivela la cual contaba un indicador analógico (ver figura 30) que indicaba al operador que distancia existía entre cada corte que realizaba la mordaza.



Figura 30. Manivela para el control de longitud del paquete

Fuente: Lopiparo (2020)

- **4.2.4 Prensado de paquete:** El prensado consiste en cuan ajustado estará el empaque para evitar arrugas y material desperdiciado, es decir, el prensado es el espacio que existe entre el material de empaque y el producto a empaquetar, siendo este una variable importante para regular la cantidad de aire que pudiese quedar dentro del paquete como también el dimensionamiento del producto a nivel de materiales para que quede ajustado y dentro de las especificaciones de la longitud del paquete. Este parámetro se ajustaba en la empaquetadora cavanna 011 por medio de una manivela sin indicador, en donde el operador debía ajustar la altura de los rodillos selladores del paquete de manera inexacta (ver figura 31) lo cual se realizaba en manera de ensayo y error.

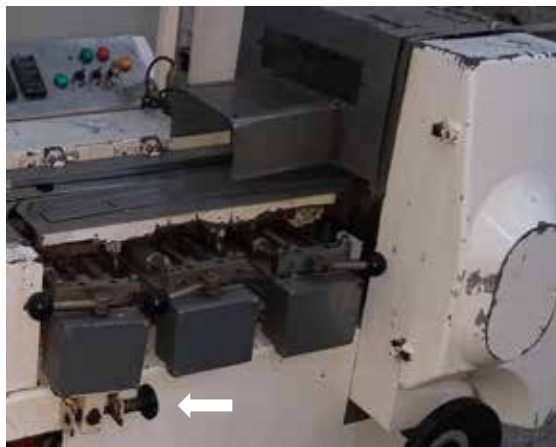


Figura 31. Manivela para el control de prensado del paquete

Fuente: Lopiparo (2020)

A manera de resumen final, el manejo de las variables de proceso antes descritas llevan un papel fundamental para garantizar los estándares de calidad de los productos procesados por las maquinas empaquetadoras marca cavanna modelo 07 y 011. Entre el manejo de dichas variables estuvieron implicados controles que en su mayoría eran netamente mecánicos, carentes de indicadores tal que el operador debía ajustar los parámetros del paquete de manera inexacta en manera de ensayo y error, lo cual ocasionaba que la puesta en marcha de la maquina empaquetadora generara perdidas de material de empaque y tiempo desperdiciado.

Como puede observarse, la puesta a punto de los equipos cavanna modelo 07 y 011 generaba al inicio del proceso de empaquetado pérdidas económicas por el material de empaque desechado al momento de ajustar los parámetros iniciales del empaque, debido a pruebas del tipo ensayo y error, ya que el ajuste de los parámetros se realizaba por medio de controles carentes de indicadores y la efectividad de este proceso se garantizaba a través de la experiencia del operador al momento de ajustar cada parámetro de manera aproximada.

Para concluir, la empresa Galletera trigo de oro, C.A. posee una amplia variedad de productos que son procesados por los equipos cavanna modelo 07 y 011, en donde se deben realizar ajustes frecuentes en los parámetros del proceso de empaquetado, ya que estos parámetros varían de acuerdo al producto a procesar, dichas variables son dependientes de la longitud del paquete, la densidad del material de empaque a sellar que recubre el producto (ver figura 32) como también la velocidad en que tiene que ser procesado dicho producto.



Figura 32. Material de empaque de galletas Cocaditas

Fuente: Lopiparo (2020)

4.3 Fase III: “Diseño de la adecuación del proceso de empaque de las maquinas 07 y 011 para la empresa Galletera trigo de oro, C.A”.

El desarrollo de esta fase consistió en detallar el diseño para la propuesta descrita en capítulos anteriores, partiendo del proceso original (ver figura 24), se integraron nuevas funciones y verificaciones de seguridad, para garantizar la efectividad y el control de calidad del empaquetado durante su operación, un ejemplo claro fue la integración de controles e indicadores para visualizar y controlar los parámetros de proceso descritos en la fase anterior, por otra parte, se añadieron nuevas funciones para proporcionarle seguridad al operador y alarmas que indiquen ciertas anomalías en el proceso de empaquetado.

En este propósito, previamente se tomaron en cuenta todas las entradas que proporcionan información (ver tabla 4) para llevar a cabo el proceso de empaquetado como lo son sensores capacitivos, inductivos, de temperatura, entre otros. Por otra parte se en listaron las salidas del proceso como lo son alarmas, luces indicadoras, señales para iniciar el proceso, entre otros.

Tabla 4. Lista de entradas lógicas y analógicas del PLC

Fuente: Lopiparo (2020)

#	Dirección	Nombre	Tipo de variable	Descripción
1	E1.0	B_PE	Lógica	Botón de parada de Emergencia del sistema
2	E1.1	SPR	Lógica	Sensor por presencia de paquetes en el riel de alimentación
3	E1.2	Térmico 1	Lógica	Térmico del motor principal
4	E1.3	Térmico 2	Lógica	Térmico del motor secundario
5	E1.5	SCP1	Lógica	Sensor de presencia para la cubierta protectora del sistema de pausa de la empaquetadora
6	E1.6	SCP2	Lógica	Sensor de presencia para la cubierta protectora de las mordazas selladoras de la empaquetadora

#	Dirección	Nombre	Tipo de variable	Descripción
7	E1.7	SCP3	Lógica	Sensor de presencia para la cubierta protectora de los controles de longitud del paquete
8	E2.0	S_PPM	Lógica	Sensor de paquetes sellados
9	E2.1	INCRM_L ONG_PAQ _MECN	Lógica	Sensor detector de leva mecánica cuando se incrementa la longitud de paquete
10	E2.2	DECRM_L ONG_PAQ _MECN	Lógica	Sensor detector de leva mecánica cuando se decrementa la longitud de paquete
11	DB5.DBX 78.0	START	Lógica	Botón de inicio de empaquetado
12	DB5.DBX 78.1	STOP	Lógica	Botón para pausar el empaquetado
13	DB5.DBX 78.2	B_AP	Lógica	Botón para hacer girar los rodillos selladores
14	DB5.DBX 78.3	PC_ON	Lógica	Activa o desactiva las protecciones de cubiertas de seguridad
15	DB5.DBX 78.4	SP_ON	Lógica	Activa o desactiva la detección de paquetes en el riel
16	DB5.DBX 78.6	INCRM_L ONG_PAQ _HMI	Lógica	Incremento de longitud del paquete con HMI
17	DB5.DBX 78.7	DECRM_L ONG_PAQ _HMI	Lógica	Decremento de longitud del paquete con HMI
18	DB5.DBX 81.0	EA_RRS	Lógica	Encendido o apagado de termostato del rodillo sellador
19	DB5.DBX 81.1	EA_RMS	Lógica	Encendido o apagado de termostato de la mordaza superior
20	DB5.DBX 81.2	EA_RMI	Lógica	Encendido o apagado de termostato de la mordaza inferior

#	Dirección	Nombre	Tipo de variable	Descripción
21	PEW100	S_TEMP_R	Analógica	Señal analógica del sensor de temperatura en los rodillos selladores
22	PEW102	S_TEMP_MS	Analógica	Señal analógica del sensor de temperatura en la mordaza selladora superior
23	PEW104	S_TEMP_MI	Analógica	Señal analógica del sensor de temperatura en la mordaza selladora inferior

Tabla 5. Lista de salidas lógicas y analógicas del PLC

Fuente: Lopiparo (2020)

#	Dirección	Nombre	Tipo de variable	Descripción
1	A1.0	Motor 1	Lógica	Señal para que el variador de frecuencia arranque el motor principal
2	A1.1	Motor 2	Lógica	Señal de arranque para motor secundario
3	A1.2	BZ	Lógica	Alarma sonora para cuando el equipo este en estado crítico de emergencia
4	A1.3	R_RS_ON	Lógica	Encendido de resistencia en los rodillos selladores
5	A1.4	R_MS_ON	Lógica	Encendido de resistencia en las mordazas superior
6	A1.5	R_MI_ON	Lógica	Encendido de resistencia en las mordazas inferior
7	PAW246	S_RPM	Analógica	Parámetro de salida hacia el variador

En este orden de ideas, al conocer las diferentes entradas y salidas relacionadas al proceso de empaquetado, se realiza un diagrama de flujo (ver figura 33) que, según la interacción que tienen dichas variables se puede plantear un procedimiento en donde se muestran diferentes condiciones para poder llevar a cabo el proceso de empaquetado, entre estas condiciones existen diferentes resultados en el proceso, como lo es, la pausa del sistema, ya sea por: activación de las protecciones térmicas de los motores, falta de paquetes en el riel de empaque, apertura de las cubiertas protectoras, temperatura de las mordazas y rodillos selladores fuera de los rangos de calidad, entre otras.

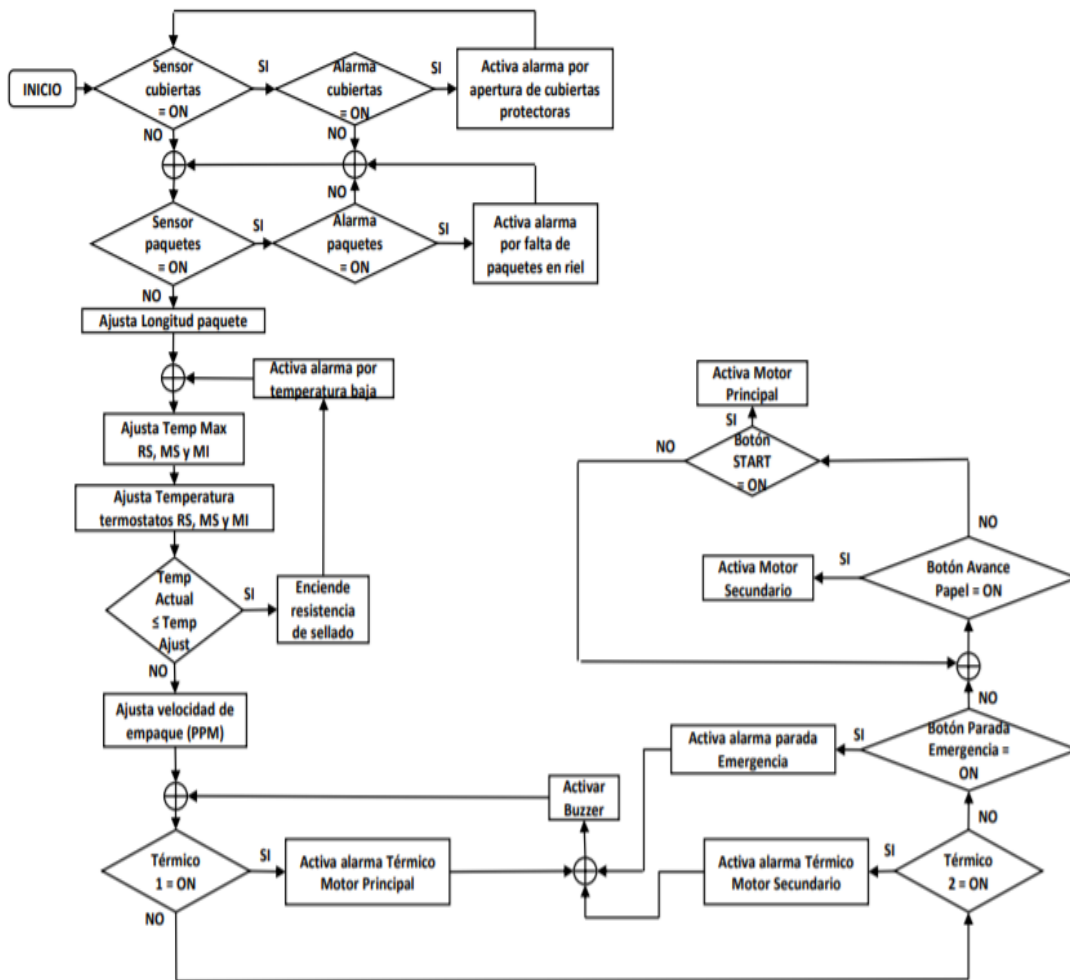


Figura 33. Diagrama de flujo de programación de empaquetadora Cavanna 07 y 011
Fuente: Lopiparo (2020)

En consecuencia de este último, el proceso para la puesta a punto de los equipos marca cavanna modelos 07 y 011 fueron adecuados para brindar mayor confiabilidad al ajustar y visualizar los parámetros del proceso como también seguridad al operador durante el funcionamiento del equipo y así evitar accidentes laborales y pérdida de materiales e insumos. Como puede observarse, la interpretación de este diagrama de flujo es suficiente para realizar una programación de un controlador lógico programable, cuyas decisiones y acciones fueron plasmadas en líneas de código siguiendo un tipo de lenguaje común como lo es Ladder que en español significa escalera, dicha programación interactúa con el usuario por medio de una HMI.

4.3.1 Controlador lógico programable S7 300 CPU 313C-2 DP

A los efectos de este, la integración de nuevas tecnologías en el proceso fue importante ya que se incorporó un PLC marca Siemens modelo S7 300 con CPU 313C-2DP (ver figura 34) número de serie 6ES7 313-6CE00-0AB0, el cual se encarga de procesar distintas señales de sensores que por medio de una HMI permita al operador controlar y visualizar variables del proceso.

En efecto, dichas variables son la temperatura de las mordazas y rodillos selladores, velocidad de empaquetado, activación de funciones como la detección de paquetes en el riel y protecciones de las cubiertas protectoras, por otra parte, existe la activación de salidas como alertas, que, según el diseño propuesto, son consideradas pertinentes para garantizar la seguridad al usuario y control de calidad para los productos procesados por esta.



Figura 34. PLC marca Siemens modelo S7 300 CPU 313C-2DP

Fuente: <https://images.app.goo.gl/wdTopgm8acfNZd369>

Ante la situación planteada, el PLC de la familia S7 300 de Siemens posee un CPU modelo 313C-2DP cuyas características permitieron elaborar el diseño propuesto brindándole escalabilidad a la empresa Galletera trigo de oro C.A. para poder integrar a futuro, nuevas funciones, módulos de entradas y salidas, entre otras.

En efecto, a continuación se muestra las especificaciones técnicas de este equipo:

- Fuente de alimentación integrada 24 V DC.
- Memoria central de 32 Kbyte
- Modulo integrado de 16 entradas digitales y 16 salidas digitales.
- Cantidad máxima de DB permitidos: 127
- Cantidad máxima de FB permitidos: 128
- Cantidad máxima de FC permitidos: 128
- Tamaño máximo de OB 16 Kbyte
- Cantidad máxima de Contadores permitidos: 256, rango de conteo de 1 a 999.
- Cantidad máxima de Temporizadores permitidos: 256, rango de tiempo de 10ms a 9.990 s.
- Cantidad de Marcas: 256 byte
- Dimensiones 120mm x 125mm x 130mm con un peso de 570g

Según se ha visto, las características que este modelo de PLC integra, son las apropiadas para llevar a cabo el diseño propuesto, integra la cantidad suficiente de memoria que la programación requiere, no obstante, se debe añadir un módulo de entradas analógicas para la comunicación de los periféricos de entrada como lo es el reóstato que ajusta la frecuencia del variador de frecuencia, por otra parte existen otros periféricos de entrada como lo son los sensores de temperatura cuyos rangos de medida oscilan entre los 0°C y los 250°C.

Por último, este modelo de PLC fue seleccionado porque cumple con los requisitos mínimos para el diseño propuesto, además de que brinda la seguridad de que a futuro la obtención de otros módulos complementarios resultará mucho más fácil y económico para la empresa Galletera trigo de oro, C.A.

En efecto, la marca siemens fue seleccionada para este diseño debido a que la empresa posee varios productos de esta marca, teniendo un stock amplio de repuestos y accesorios en sus almacenes, es por ello que se integra con facilidad este modelo de PLC de la familia siemens en los almacenes de la empresa.

4.3.2 Módulo externo de 8 entradas analógicas

El módulo de 8 entradas analógicas marca siemens número de parte 6ES7331-7PF10-0AB0 cuenta con 8 entradas analógicas (ver figura 35), ideal para comunicar sensores de temperatura como lo son los tipo J cuyo empleo en el diseño propuesto es fundamental debido a que la resolución de muestreo que posee este componente es de 16 bits y que al tratarse de señales emitidas por sensores de temperatura cuyas lecturas deben ser precisas para evitar ajustar los parámetros de temperatura por fuera de los rangos de calidad y permitir emitir alarmas cuando esto último ocurra.

En conclusión, este componente fue requerido en el diseño propuesto debido a que con su ayuda se cubrió la cantidad de señales provenientes de sensores de temperatura tipo J ubicados en las mordazas selladoras y en los rodillos selladores, dando un total de 3 entradas analógicas utilizadas, por otra parte, quedó un pequeño número de slots sin usar para que a futuro el diseño pueda ser modificado en general y se le añadan nuevas funciones y componentes de entrada y salida.

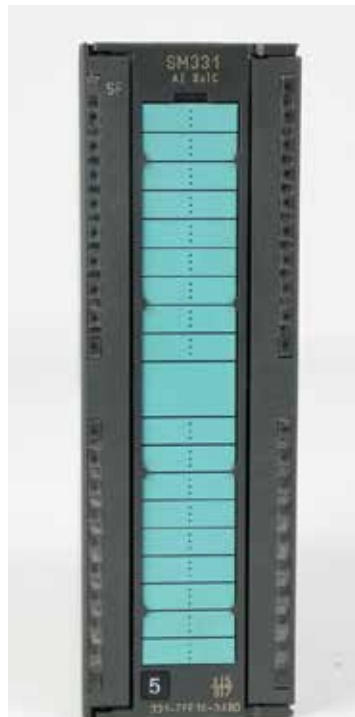


Figura 35. Módulo de Externo de 8 entradas analógicas

Fuente: <https://images.app.goo.gl/wToK3jxSjcYU1vc49>

4.3.3 Módulo externo de 4 salidas analógicas

El módulo de 4 salidas analógicas marca siemens número de parte 6ES7-332-7ND00-0AB0 cuenta con 4 salidas analógicas (ver figura 36), ideal para regular diferentes niveles de salida por medio de un mismo puerto, como por ejemplo el control de la velocidad de un motor, de este último radica la inclusión de este componente dentro del diseño propuesto, las diferentes salidas emitidas por el PLC hacia el variador de frecuencia permite ajustar el parámetro de velocidad del motor de acuerdo a lo que el operador le ordene a la máquina, con esto no solo se precisa la velocidad de empaque (medida en ppm) sino también brinda un ahorro energético por las altas corrientes generadas por las paradas y arranques intermitentes del motor, al igual que la detención del motor y la regulación de velocidad del motor de una forma más fiable.



Figura 36. Módulo de Externo de 4 salidas analógicas

Fuente: <https://images.app.goo.gl/9DXmh1wdG3Bwzhef6>

4.3.4 Sensor Inductivo

El diseño propuesto cuenta con funciones de supervisión y seguridad, iniciando con la verificación de que los protectores que cubren piezas móviles como engranajes y cuchillas de las mordazas selladoras (ver figura 37), se encuentren cerradas o en su defecto debidamente protegidas ante cualquier acceso indebido.

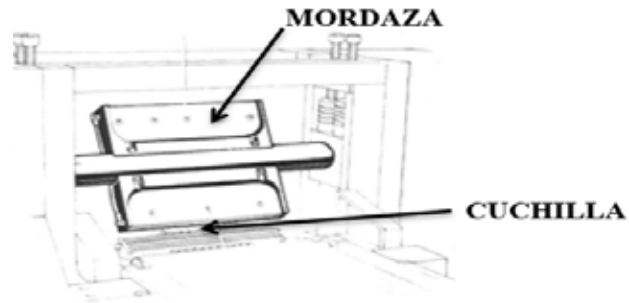


Figura 37. Mordazas y cuchilla selladora de cavanna 07 y 011

Fuente: Lopiparo (2020)

En efecto, el diseño propuesto incorpora la función de supervisión que garantiza que el equipo no funcionará si existen al menos una de las cubiertas protectoras abiertas, como lo son: cubierta de mordazas selladoras, engranajes dentro del control de pausa de sellado (ver figura 38) y engranajes dentro del control de longitud del paquete.

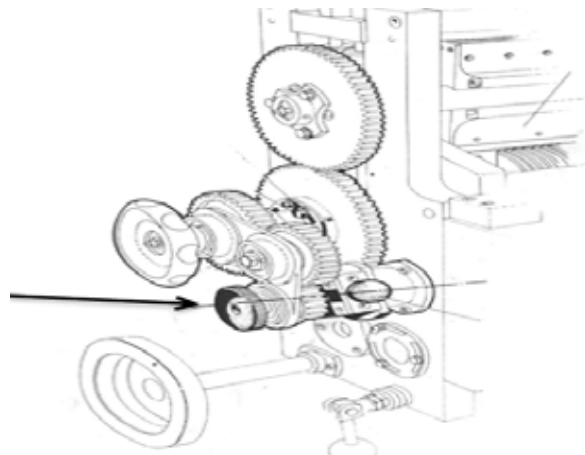


Figura 38. Sistema del control de pausa de sellado para cavanna 07 y 011

Fuente: Lopiparo (2020)

Significa entonces que, el equipo evitará que el proceso de empaquetado se ejecute teniendo piezas móviles y de altas temperaturas sin su debida protección, en donde el operador o cualquier otro personal pueda acceder a estas ocasionando accidentes por negligencia laboral. Esta comprobación de cubiertas se realiza por medio de tres sensores inductivos (ver figura 39) ubicados en el marco de cada cubierta de protección, de manera tal que, cuando la cubierta este fuera del rango de detección (10 mm) este sensor envíe señal de que el mecanismo no está protegido.



Figura 39. Sensor inductivo de 10mm marca Festo

Fuente: https://www.everest.com.py/product/image/medium/01257_sied-m18nb-zo-k-l.png

Por otra parte, se emplearon sensores inductivos para detectar las levas mecánicas que se mueven al momento de incrementar o decrementar la longitud del paquete, este control mecánico se realiza por medio de una manivela que al girarla en sentido horario o antihorario permite aumentar o disminuir la longitud del equipo. Este último, es un control de la maquina ubicado en la parte inferior de la empaquetadora cuyo indicador esta descompuesto es por lo que se tomó como referencia unas levas metálicas que giran al momento de ajustar el paquete, cuya presencia permitió referenciar cada giro con un incremento o decremento de la longitud del paquete medido en cm, permitiéndole al operador ajustar este parámetro por medio del HMI y también por medio de esta manivela, mostrando el valor del parámetro durante su ajuste.

Por último, se requirió otro sensor inductivo para la detección de una leva metálica ubicada en la zona de las mordazas selladoras cuya detección al momento de pasar frente, es suficiente para indicar las veces que las mordazas sellan un paquete, de esta manera se asegura que cada pulso emitido por este sensor significa un paquete procesado por la máquina. En conclusión, la integración de dichos sensores fue necesarios para que el PLC interpretara ciertas variables del proceso.

Tal como se ha visto, el diseño propuesto requirió de la colocación de 6 sensores inductivos cuya marca es Festo número de modelo SIED-M30B-ZS-K-L, estos sensores tienen un rango de detección de 10mm, con protección IP 67 este sensor puede trabajar a una temperatura entre -25°C hasta 85°C cuya alimentación se realiza con 24V DC. El tipo de sensor es PNP, es decir, cuando el sensor detecta a la cubierta metálica, este envía un 1 lógico en su salida.

4.3.5 Sensor Capacitivo

En el diseño propuesto incorporó un sensor capacitivo de la marca Autonics (ver figura 40) modelo CR18-8DP, que impide que la maquina inicie el proceso de empaquetado si no hay paquetes en el riel, evitando que la empaquetadora no empaquete en vacío, la distancia de censado de este dispositivo es de 8mm con una alimentación de 24V DC y una temperatura de trabajo de -25°C a 70°C cumpliendo con la norma IP 65.

El tipo de sensor es PNP, es decir, que cuando el sensor detecta los paquetes de galletas, este envía un 1 lógico en su salida. El uso de este componente dentro del diseño propuesto tuvo participación al activar la función de detección de paquetes en el riel de alimentación, en donde, el sensor se ubica encima del riel por donde pasan los paquetes justo antes de ser envueltos por el material de empaque, de esta forma al no detectar presencia de paquetes la maquina se detiene y emite una alerta en el HMI. El uso de esta función es opcional y el operador por medio de la interfaz gráfica puede encender o apagar la detección de paquetes en el riel.



Figura 40. Sensor capacitivo marca Autonics

Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-508185351-sensor-capacitivo-30mm-autonics-_JM#position=2&type=item&tracking_id=6787f3e7-d0f2-4e81-87ad-123b38439c92

Por otra parte, asegurarse de que la maquina evite empaquetar en vacío le otorga a la empresa Galletera trigo de oro, C.A. una reducción de gastos económicos por material de empaque desechados, lo cual es muy habitual el desperdicio de este material cuando se trabaja a alta velocidad, la maquina detecta cuando no hay paquetes y con ello se le otorga un control del proceso más eficiente.

4.3.6 Termopar Tipo J

En el diseño propuesto se añadió la función de poder controlar y supervisar la temperatura actual de los rodillos y mordazas selladoras, en donde, la temperatura es ajustada por medio del HMI en donde el operador ajusta la temperatura de los rodillos y mordazas selladoras, el PLC al detectar que la temperatura actual está por debajo de la temperatura ajustada, envía una señal a relés de estado sólido ubicados en las salidas para cada resistencia, de esta forma la resistencia aumenta su temperatura y al momento de aproximarse a la temperatura ajustada el relé se abre y se garantiza que la temperatura actual es la misma que la ajustada.

En efecto, si la temperatura actual es menor que la temperatura ajustada, la maquina emitirá una alarma y un mensaje de advertencia indicándole que la temperatura de una determinada resistencia es baja, finalmente, el equipo se detendrá e iniciará su proceso de empaquetado si y solo si la temperatura está dentro de los rangos establecidos. Como resultado de esto, el diseño propuesto garantiza reducir el procesamiento de productos fuera de los estándares de calidad, es decir paquetes cuyo sellado sea con una temperatura muy baja o muy alta a como el operador quiso ajustar.

En conclusión, el diseño empleó 3 sensores de temperatura (ver figura 41) en donde el diseño propuesto complementó las lecturas de estos dispositivos con ciertas alarmas. En este propósito, estos sensores realizan mediciones desde los desde -180° Centígrados hasta los 750° Centígrados, en donde la temperatura máxima requerida en el proceso no supera los 300° Centígrados.



Figura 41. Termopar tipo J marca Autonics

Fuente: <https://images.app.goo.gl/MV8hjuD5ndFkhuu37>

4.3.7 Variador de frecuencia VLT Micro Drive PK75 Danfoss

El diseño propuesto incorpora un variador de frecuencia con la finalidad de que este regule la velocidad del motor principal del equipo, de una manera más precisa, otorgándole un tiempo para detener el empaquetado mucho más corto y por último, un ahorro energético entre cada arranque del equipo. Este último, le brinda a la empaquetadora un mayor control en cuanto a los arranques y paradas del motor principal de la máquina, siendo las paradas en especial las paradas de emergencia una prioridad para el personal ya que mientras menor sea el tiempo que requiere el equipo para detenerse menor serán las pérdidas de material de empaque y a su vez se reduce la cantidad de accidentes en laborales como por ejemplo el atasco de una extremidad del operador en la zona de las mordazas selladoras.

En ese mismo sentido, el proceso de empaquetado emplea una velocidad medida en PPM (Paquetes por minuto). Esto último, depende de la longitud del paquete que se está procesando por la empaquetadora, debido a que el operador establece en el HMI la longitud del paquete medida en centímetros y la máquina realiza el cálculo para saber qué cantidad máxima de paquetes puede procesar en un minuto, a partir de esto se garantiza un control de la velocidad del equipo. Según se ha visto, el control preciso de la velocidad de la máquina es ideal para que el personal que coloca los paquetes en el riel de alimentación no se fatigue tan rápido y puedan mantenerse en buenas condiciones durante todo el periodo laboral. Por último, se garantiza al operador que cantidad de PPM se está trabajando, lo cual repercute en la productividad del periodo de empaquetado.

Por las consideraciones anteriores, se tomaron en cuenta las características eléctricas de los motores que dan movimiento a las empaquetadoras cavanna 07 y 011 y se determinó que se requiere de un variador de frecuencia capaz de manejar un motor de 1/2 Hp. En efecto, para el diseño propuesto se usó el variador de frecuencia marca Danfoss, modelo VLT Micro Drive PK75 (ver figura 42) cuya aplicación cubre con las necesidades de los motores instalados en las empaquetadoras cavanna y que además internamente posee protecciones contra picos de corriente e inversión de fases.



Figura 42. Variador de frecuencia marca Danfoss modelo PK75

Fuente: <https://5.iimg.com/data5/FY/KU/MY-9324435/danfoss-vlt-micro-drive-500x500.jpg>

En referencia a lo anterior, se muestra a continuación la tabla (ver figura 43) de especificaciones para este variador, siendo este modelo el PK75 según la tabla.

Sobrecarga normal del 150 % durante 1 minuto					
Convertidor de frecuencia	PK18	PK37	PK75	P1K5	P2K2
Eje de salida típico [kW]	0.18	0.37	0.75	1.5	2.2
Eje de salida típico [CV]	0,25	0,5	1	2	3
Clasificación de protección de alojamiento IP20	M1	M1	M1	M2	M3
Intensidad de salida					
Continua (a 3 × 200-240 V CA) [A]	1,2	2,2	4,2	6,8	9,6
Intermitente (3 × 200-240 V CA) [A]	1,8	3,3	6,3	10,2	14,4
Dimensión máxima del cable:					
(Alimentación, motor) [mm ² /AWG]	4/10				
Intensidad de entrada máxima					
Continua (1 × 200-240 V) [A]	3,3	6,1	11,6	18,7	26,4
Intermitente (1 × 200-240 V) [A]	4,5	8,3	15,6	26,4	37,0
Fusibles de red máximos [A]	Consulte capítulo 1.3.3 Fusibles				
Entorno					
Pérdida de potencia estimada [W], más favorable/típica ¹⁾	12.5/ 15.5	20.0/ 25.0	36.5/ 44.0	61.0/ 67.0	81.0/ 85.1
Peso protección IP20 [kg]	1,1	1,1	1,1	1,6	3,0
Rendimiento [%], más favorable/típico ²⁾	95.6/ 94.5	96.5/ 95.6	96.6/ 96.0	97.0/ 96.7	96.9/ 97.1

Figura 43. Especificaciones técnicas para variador marca Danfoss modelo PK75

Fuente: <https://files.danfoss.com/download/Drives/MG02BC05.pdf>

4.3.8 Buzzer

El diseño propuesto complementa sus indicadores de alarma con el sonido emitido por un buzzer (ver figura 44) que junto a las luces indicadoras de la lampara forman un aviso claro del estado en que se encuentra las maquinas empaquetadoras Cavanna 07 y 011. En efecto, este buzzer debe tener un volumen máximo de 87db evitando tener un tono que resulte molesto lo que en consecuencia trae que a largo plazo pueda generar estrés al operador y daños en su capacidad auditiva.



Figura 44. Buzzer indicador de falla para los equipos Cavanna 07 y 011

Fuente: https://http2.mlstatic.com/buzzer-con-cable-12-voltios-D_NQ_NP_990469-MLV28217326742_092018-V.webp

4.3.9 Botón stop de emergencia

Entre los botones físicos que el diseño propuesto incorpora está el botón de emergencia tipo hongo (ver figura 45), es por ello que se complementará la acción que ejecuta dicho componente en el proceso, al momento de accionarse se emite una alarma sonora con el buzzer y se enciende una luz indicadora de emergencia en el HMI. Actualmente se encuentra instalado en la máquina.



Figura 45. Botón parada de emergencia de cavanna 011

Fuente: <https://images.app.goo.gl/stoVVCZpKEmMaDXp8>

4.3.10 HMI KTP 1000 DP Siemens

El control y visualización del diseño propuesto es complementado por una pantalla que permita controlar y visualizar los parámetros del proceso de empaquetado, visualizar alertas como también dar inicio y parada del proceso de empaquetado. Es por este último, que se realizó una interfaz HMI por medio del software WinCC en su versión 2008 SP5, siendo esta la herramienta que permitió el diseño de una interfaz cómoda al usuario, cuyas funciones se puedan manipular con facilidad y claridad, respetando los lineamientos de la norma ISA 101 para finalmente tener una interfaz que reduzca el estrés que conlleva el ajuste de parámetros de proceso y el tiempo requerido para ello, reduciendo a su vez pérdida de insumos y tiempo en que se detecta una falla durante el proceso de empaquetado.

La pantalla seleccionada fue el modelo KTP1000 DP de la marca Siemens, numero de modelo 6AV6647-0AE11-3AX0 (Ver figura 46), cuyas características principales de este modelo es que es una pantalla táctil a color de 10" capaz de trabajar con WinCC flexible 2008 y Step 7 Basic V11. Entre sus especificaciones más puntuales esta la protección contra agua y polvo, cuyo panel tiene certificación IP65, para trabajar a una temperatura entre 0-50°C, este último resulta apropiado para implementarse en la sala de empaque de la empresa Galletera trigo de oro, C.A. ya que la temperatura ambiental de la sala de empaque oscila entre los 22-28°C.



Figura 46. HMI KTP 1000 DP Siemens
Fuente: <https://images.app.goo.gl/DVE4p99er7jvzo2A8>

Por otra parte, su consumo de corriente es de 0,6A alimentada por una fuente de voltaje continua de 24VDC, todo esto hace posible la comunicación del equipo con otros dispositivos mediante protocolos PROFIBUS y MPI, en donde el usuario dispone de 32Mbytes para la realización del diseño con capacidad de agregar 500 variables dentro del diseño. En efecto, el uso de este equipo cumple con los requisitos para elaborar una interfaz que a futuro puede ampliar sus capacidades y funciones otorgándole escalabilidad al diseño propuesto.

4.3.11 Relé de estado solido

Las señales que emite el PLC para el encendido de las resistencias que calientan las mordazas y rodillos selladores debe ser de accionamiento rápido ya que su accionamiento es frecuente, es por ello que se empleó en el diseño propuesto el uso de relés de estado sólido, siendo 3 relés en total, 1 para cada salida del PLC. En este sentido se seleccionó la marca OMRON siendo el modelo G3NA-210B-UTU DC5-24 (ver figura 47), es un relé de estado sólido con tensión nominal de entrada de 5 a 24 VDC cuya salida puede soportar 10 A, con una tensión de 24 a 240VAC.



Figura 47. Relé de estado sólido marca OMRON modelo G3NA

Fuente: <https://industrial.omron.es/es/products/g3na>

4.3.12 Contactor trifásico

El accionamiento de los motores del diseño propuesto fue realizado por medio de contactores trifásicos cuya bobina de excitación trabaja con señales emitidas por transistores, en este caso PLC, es por ello que se empleó el uso de 1 contactor trifásico de la marca Schneider. En efecto, el contactor modelo LC1 D09BD (ver figura 48) con capacidad de 9 amperios cuya bobina de excitación es de 24VDC tal que el funcionamiento con el PLC es suficiente para dar arranque y parada al motor secundario (encargado de ajustar el material de empaque).

En este sentido, este modelo de contactor tiene como características técnicas lo siguiente:

- Máxima tensión de empleo: 690Vac.
- Tensión de la bobina: 24Vdc (anti parasitada)
- Numero de polos del contactor: 3.
- Corriente asignada para el contactor en AC3: 9A.
- Corriente asignada para el contactor en AC1 (Ith): 25A.
- Potencia máxima (kW) 380-400Vac: 4kW.
- Potencia máxima (kW) 220-230Vac: 2,2kW.



Figura 48. Contactor trifásico marca Schneider modelo LC1 D09BD
Fuente: <https://adajusa.es/contactores-schneider/contactor-trifasico-9a-bobina-24vdc-schneider.html>

4.3.13 Interruptor Principal termomagnético

En el diseño propuesto se integró un breaker principal para proteger a los componentes conectados a la alimentación de corriente alterna descritos en esta fase, entre ellos destacan los motores, el variador de frecuencia, el PLC, entre otros. El consumo total del diseño (ver tabla 5) se muestra a continuación:

Tabla 6. Lista de consumo de componentes

Fuente: Lopiparo (2020)

Elemento	Cantidad	Consumo Unitario (A)	Consumo Total (A)
Fuente de alimentación Siemens	1	1,91	1,91
VLT Micro Drive PK75 Danfoss	1	15,6	15,6
Motor secundario	1	1,06	1,06
Resistencia rodillo sellador	2	1,36	2,72
Resistencia mordaza selladora superior	2	3,125	6,25
Resistencia mordaza selladora inferior	2	3,125	6,25
TOTAL			33,79

Este último, nos demuestra que el consumo total de corriente es de 33,79 amperios, según las especificaciones técnicas del fabricante para cada componente seleccionado en el diseño propuesto. De acuerdo al código eléctrico nacional (CEN) corresponderá agregar un interruptor termomagnético de 40A. En definitiva, la correcta protección de los equipos como lo es la integración de fusibles ultra rápidos e interruptores termomagnéticos le brinda confianza a la empresa Galletera trigo de oro, C.A. de que sus equipos están bien protegidos eléctricamente.

En referencia a lo anterior, se visualizó el catálogo de interruptores termomagnéticos de la marca Schneider, seleccionando el interruptor que satisfaga el consumo del diseño propuesto (ver tabla 5), este será el modelo QO340 (ver figura 49) de 40 amperios, se trata de un interruptor para 3 polos, cuyas especificaciones indican que puede ser conectado por medio de cables de medidas entre AWG #8 y AWG #2, por otra parte este componente puede trabajar a una temperatura máxima de 40°C.



Figura 49. Interruptor termomagnético QO340 de 40 A marca Schneider
Fuente: <https://images.app.goo.gl/Dks2FTAziCtM21D2A>

4.3.14 Fusibles ultra rápidos

El variador utilizado específicamente es el VLT Micro Drive modelo PK75, el cual es ideal para motores de 1 HP, Entre la alimentación de corriente y el variador deberán instalarse fusibles con el certificado UL, el cual según el manual del VLT FC51 deberá ser protegido por fusibles de 20A. El fusible a utilizar es un KTR-R20 (ver figura 50) de la marca Bussmann, el cual trabaja para una tensión de 600VAC. En efecto con la implementación de estos componentes el sistema estaría protegido ante cualquier nivel de corriente anormal en cualquiera de las líneas de alimentación, siendo un total de 3 fusibles, uno para cada línea de alimentación.



Figura 50. Fusible ultra rápido modelo KTR-R SERIES marca Bussmann
Fuente: <https://images.app.goo.gl/AYAyPh9botmZs32RA>

En este sentido, los componentes como la fuente de alimentación, el variador de frecuencia y las resistencias de las mordazas y rodillos selladores deben ser protegidos según el consumo nominal que el fabricante indica, es por lo que se muestra (ver tabla 6) el consumo nominal de estos componentes y el modelo de fusible de la serie KTR pertenecientes a la marca Bussmann.

Tabla 7. Lista de fusibles según consumo de componente

Fuente: Lopiparo (2020)

Componente	Consumo (A)	Modelo de fusible
Fuente de alimentación	1,91 A	KTR-R2
Variador de Frecuencia	15,6 A	KTR-R20
Resistencia Mordaza Superior	6,25 A	KTR-R10
Resistencia Mordaza Inferior	6,25 A	KTR-R10
Resistencia Rodillo Sellador	2,72 A	KTR-R4

4.3.15 Tarjeta de memoria para PLC

El uso de tarjetas de memoria es fundamental para garantizar la capacidad que el PLC puede soportar, en este propósito, en el diseño propuesto se empleó el uso de una tarjeta de memoria de 64KB de la marca siemens modelo 6ES7953-8LF31-0AA0 (ver figura 51), el uso de este componente le garantiza escalabilidad al proyecto, permitiéndole ampliar las distintas funciones que integra actualmente y la integración de nuevas funciones a futuro.

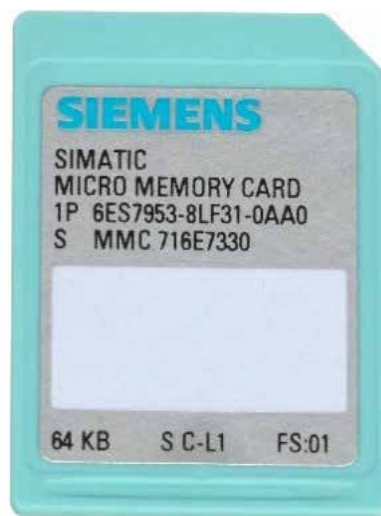


Figura 51. Tarjeta de memoria de 64KB marca Siemens

Fuente: <https://images.app.goo.gl/7pFgmXoibxyEMYCJ9>

4.3.16 Cable de datos PLC-PC

La comunicación entre el PLC y la PC en donde se elaboró la programación del equipo y su interfaz gráfica fue posible mediante un cable de datos marca AMSAMOTION (ver figura 52) modelo 6ES7972-OCB20-OXAO, lo cual es necesario no solo para cargar los datos al PLC en este diseño propuesto sino también para futuras correcciones y modificaciones de la programación e interfaz gráfica.



Figura 52. Cable de datos AMSAMOTION

Fuente: <https://images.app.goo.gl/TBarPWMJ8GfUoG6F9>

4.3.17 Conector frontal de módulos para PLC

Durante la instalación de los módulos de entrada y salida del PLC se requirió instalar conectores frontales, uno para cada módulo siendo necesarios 4 módulos de 40 polos, en este sentido se empleó el uso de conectores tipo tornillo para el correcto cableado de las entradas y salidas del PLC. La marca a utilizar fue siemens cuyo modelo de conectores fue el 6ES7392-1AM00-0AA0 (ver figura 53), dichos componentes van atornillados en cada módulo, siendo dos módulos internos, uno para entradas digitales y otro para salidas digitales, mientras que en los externos están uno de entradas analógicas y otro de salidas analógicas.



Figura 53. Conector de 40 polos a tornillo marca Siemens

Fuente: <https://www.solucionesyservicios.biz/6ES7392-1AM00-0AA0>

4.3.18 Fuente de Alimentación de 10 A

La alimentación del PLC, módulos, sensores y control del variador de frecuencia implicados en el diseño propuesto, se garantizó por medio de una fuente de alimentación de 10 amperios, realizando el estudio del consumo de cada componente se concluyó que el uso de una fuente de tal capacidad le otorga a la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. la escalabilidad tal que a futuro se pueden añadir más componentes que precisen de una alimentación en tensión continua de 24 VDC, es por lo que se empleó la fuente de alimentación marca Siemens modelo 6ES7307-1KA00-0AA0 (ver figura 54).



Figura 54. Fuente de alimentación de 10 A marca siemens

Fuente: <https://images.app.goo.gl/5jw9drvbDQAartGB6>

4.3.19 Programación en Step 7 Basic V11

En las siguientes imágenes se muestra el hardware empleado en el desarrollo del programa realizado en Step 7, siguiendo la tabla de entradas y salidas (ver tabla 4) y el diagrama de flujo expuesto (ver figura 33) se procede a mostrar segmentos cruciales para el funcionamiento del equipo según lo mostrado en el diagrama de flujos.

Slot	Módulo	Referencia	Firmware	Dirección MPI	Dirección E	Dirección S
1	PS 307 10A	6ES7 307-1KA00-0AA0				
2	CPU 313C-2 DP	6ES7 313-6CE00-0AB0	V1.0	2		
X2	DP				1023*	
2.2	D116/D016				0...1	1...2
2.4	Contaje				768...783	768...783
3						
4	AI8xTC	6ES7 331-7PF10-0AB0			100...115	
5	AO4x16Bit	6ES7 332-7ND00-0AB0				246...253
6						

Figura 55. Hardware empleado en Step 7

Fuente: Lopiparo (2020)

Estado	Símbolo	Dirección	Tipo de dato	Comentario
1	Motor 1	A 1.0	BOOL	Enciende el motor principal si variables dentro de rangos
2	Motor 2	A 1.1	BOOL	Enciende el motor de los rodillos giratorios
3	BZ	A 1.2	BOOL	Buzzer de estado crítico del sistema
4	R_RS_ON	A 1.3	BOOL	Resistencia rodillo selador encendido
5	R_MS_ON	A 1.4	BOOL	Resistencia mordaza superior encendido
6	R_MI_ON	A 1.5	BOOL	Resistencia mordaza inferior encendido
7	Remanencia	DB 5	DB 5	
8	B_PE	E 1.0	BOOL	Boton parada de emergencia
9	SPR	E 1.1	BOOL	Sensor de paquetes en el nel
10	Termico 1	E 1.2	BOOL	Proteccion Termica del motor Principal
11	Termico 2	E 1.3	BOOL	Proteccion Termica del motor Secundario
12	SCP1	E 1.5	BOOL	Sensor cubierta protectora 1
13	SCP2	E 1.6	BOOL	Sensor cubierta protectora 2
14	SCP3	E 1.7	BOOL	Sensor cubierta protectora 3
15	S_PPM	E 2.0	BOOL	Sensor del sellado de paquete
16	INCRM_LONG_PAQ_MECH	E 2.1	BOOL	Incremento de longitud del paquete con control mecanico actual
17	DECRM_LONG_PAQ_MECH	E 2.2	BOOL	Decremento de longitud del paquete con control mecanico actual
18	Longitud de paquete	FC 1	FC 1	
19	Contaje de PPM	FC 2	FC 2	
20	SCALE	FC 105	FC 105	Scaling Values
21	UNSCALE	FC 106	FC 106	Unscaling Values
22	S_RPM	PAIW 246	INT	Parametro de RPM a Variador
23	S_TEMP_R	PEW 100	INT	Sensor de temperatura de rodillo
24	S_TEMP_MS	PEV 102	INT	Sensor de temperatura de mordaza superior
25	S_TEMP_MI	PEW 104	INT	Sensor de temperatura de mordaza inferior
26	CTU	SFB 0	SFB 0	Count Up
27	CTUD	SFB 2	SFB 2	Count Up / Down
28	TON	SFB 4	SFB 4	Generate an On Delay
29	COUNT	SFB 47	SFB 47	Common counter module
30	BLKMOV	SFC 20	SFC 20	Copy Variables
31	VAT_1	VAT 1		Tabla de variables en DB5
32				

Figura 56. Lista de entradas y salidas del PLC

Fuente: Lopiparo (2020)

Bloque: OBl "Main Program Sweep (Cycle)"
 Programa de empaquetadora de galletas

Segm.: 1 Condiciones de arranque de empaquetado

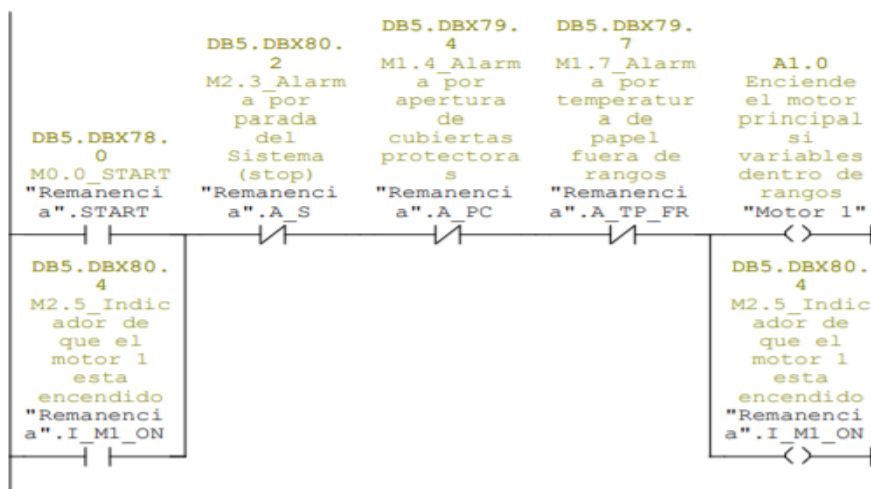


Figura 57. Condiciones de arranque del motor principal
 Fuente: Lopiparo (2020)

Segm.: 2 Marca para boton avance de papel

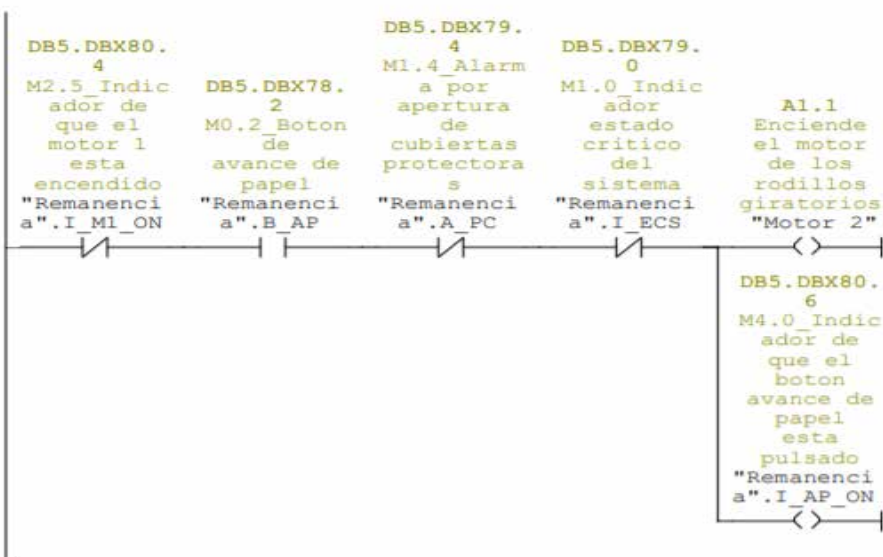


Figura 58. Condiciones de arranque del motor secundario
 Fuente: Lopiparo (2020)

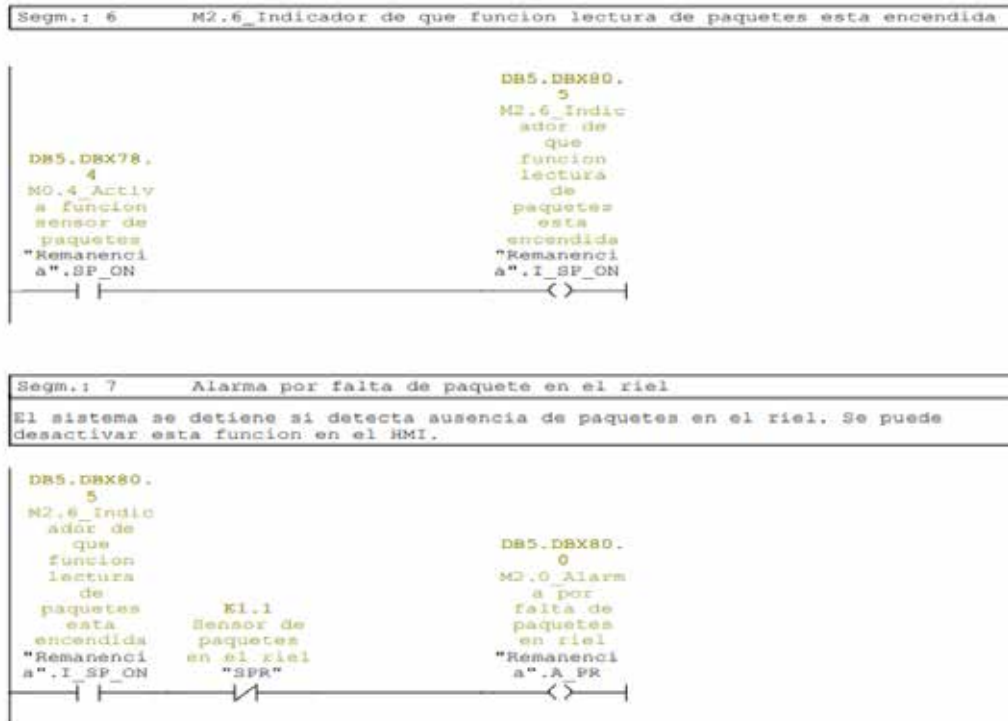


Figura 59. Activación de detección de paquetes en el riel
Fuente: Lopiparo (2020)

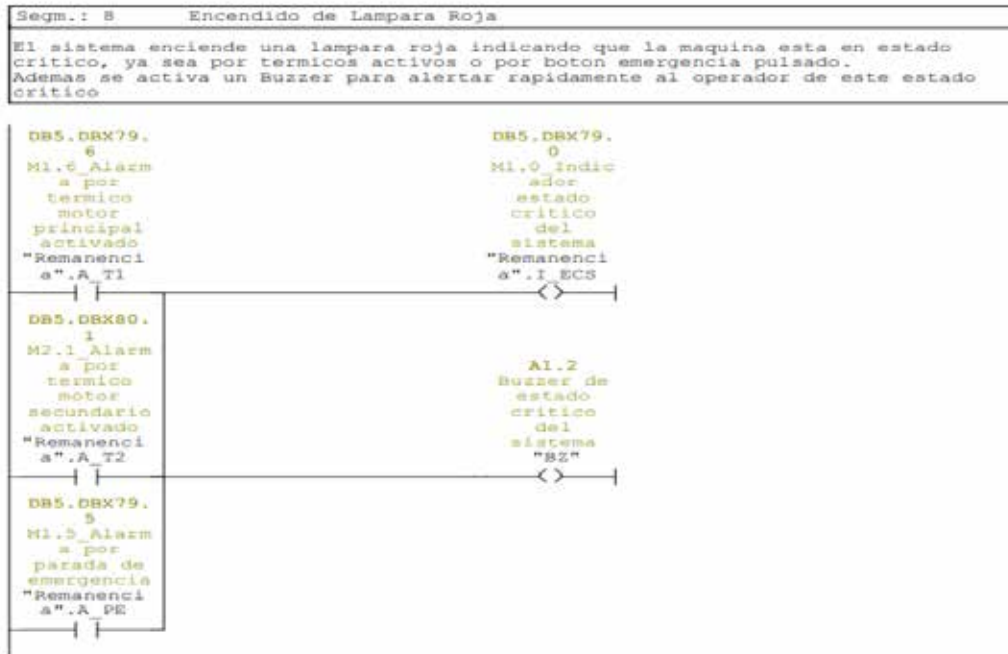


Figura 60. Alarma de estado crítico del sistema
Fuente: Lopiparo (2020)

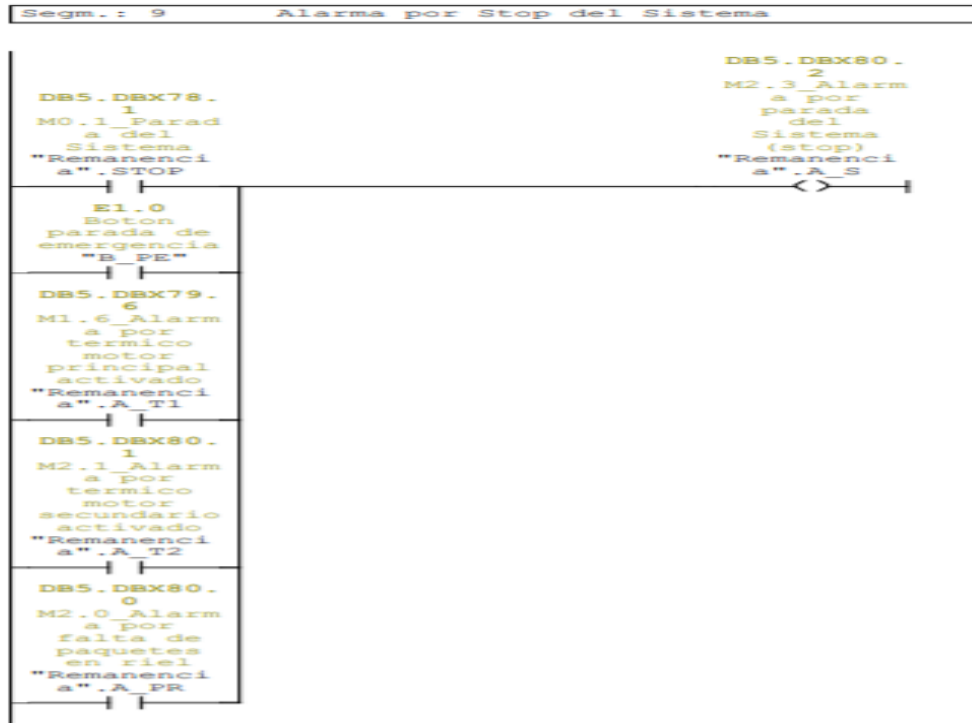


Figura 61. Alarma por parada del sistema
Fuente: Lopiparo (2020)

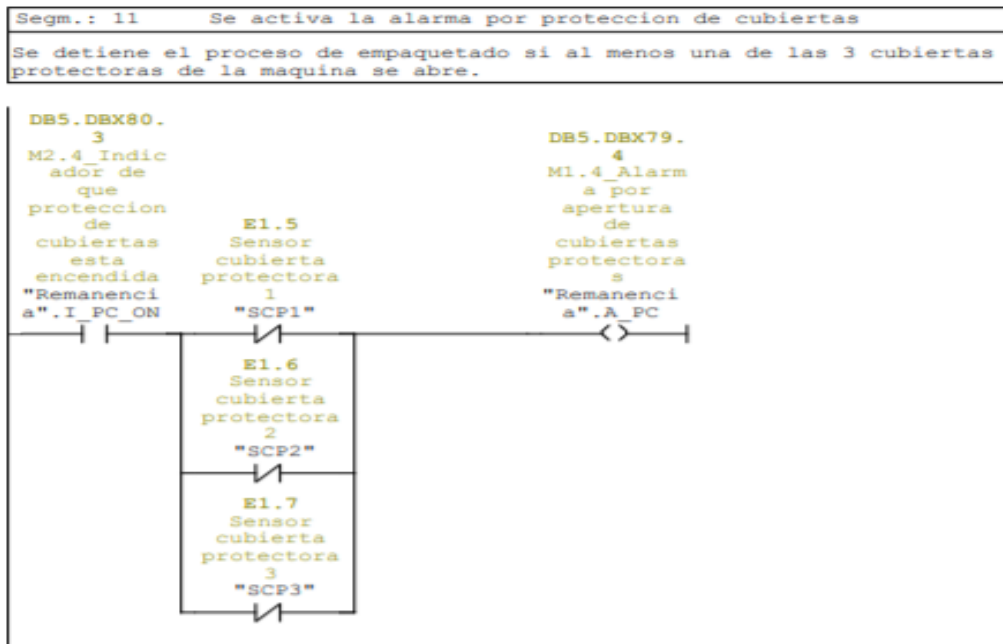


Figura 62. Alarma por apertura de cubiertas protectoras
Fuente: Lopiparo (2020)

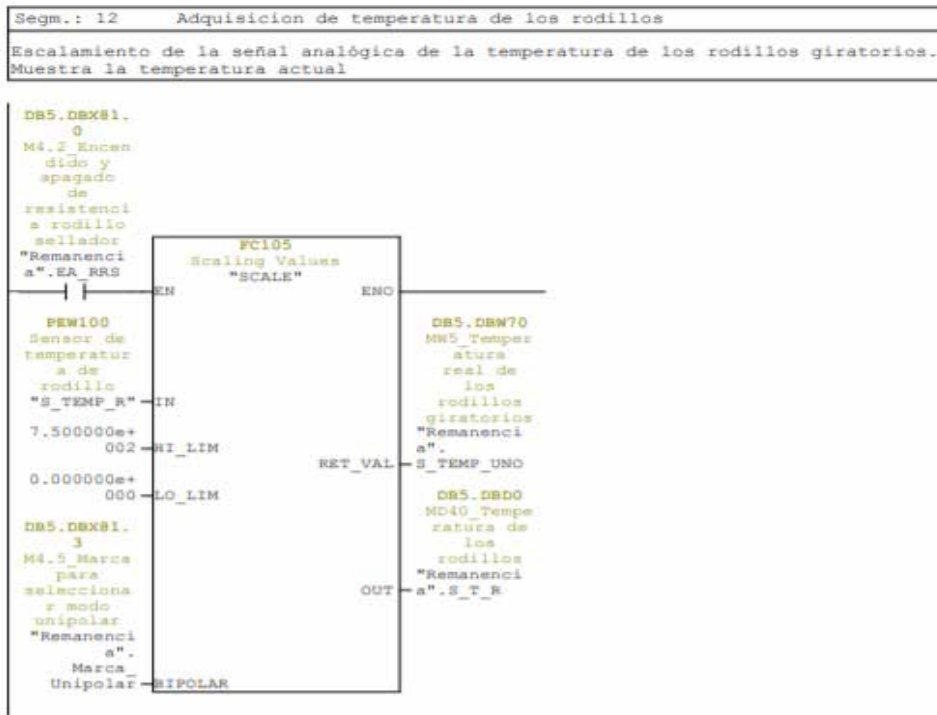


Figura 63. Lectura de temperatura de la termocupla en los rodillos selladores
Fuente: Lopiparo (2020)

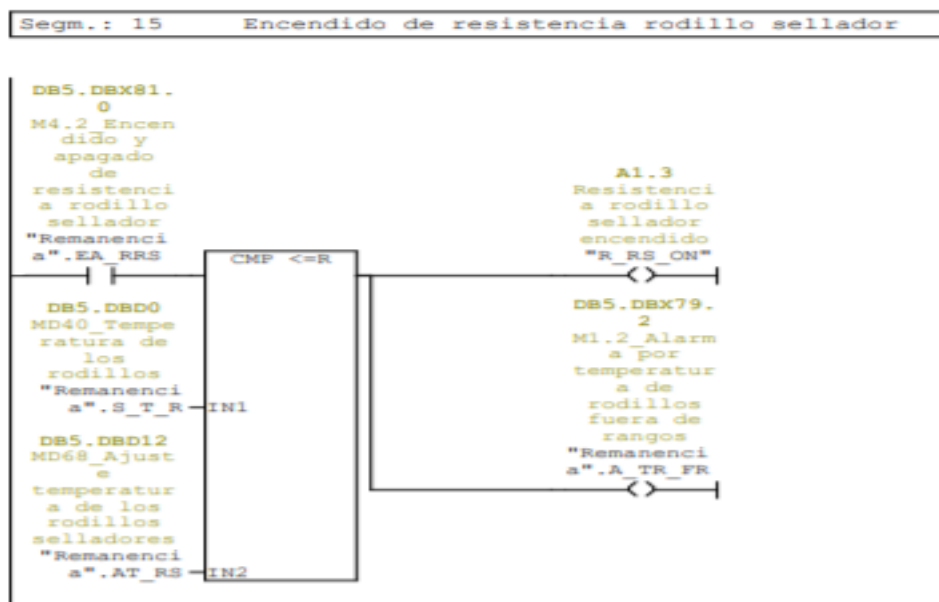


Figura 64. Condición de encendido para resistencia de rodillos selladores
Fuente: Lopiparo (2020)

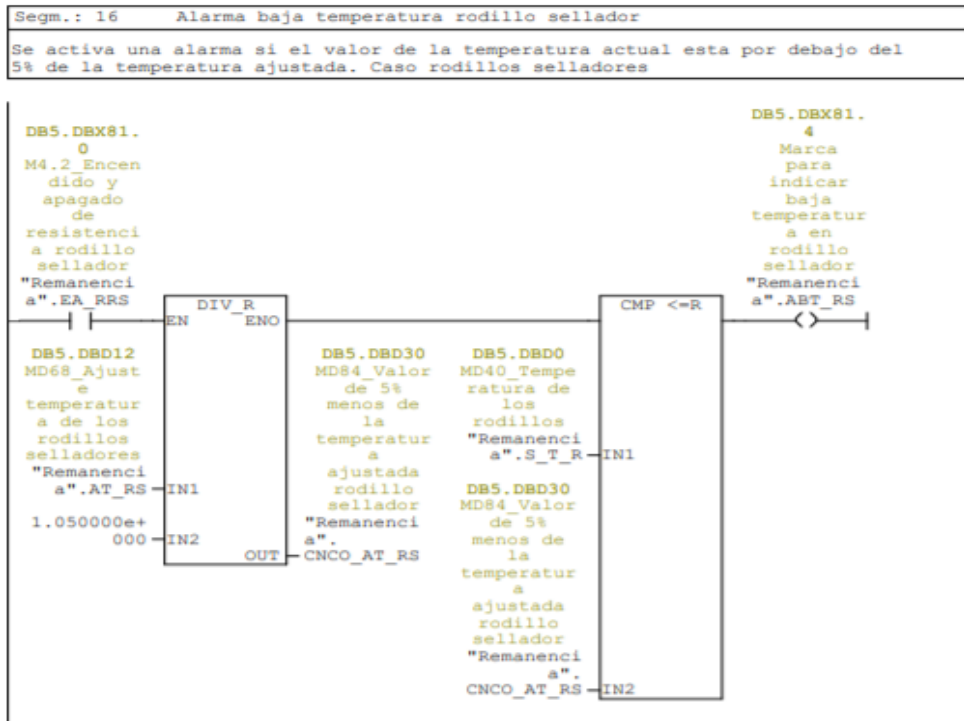


Figura 65. Alarma por temperatura baja en los rodillos selladores
Fuente: Lopiparo (2020)

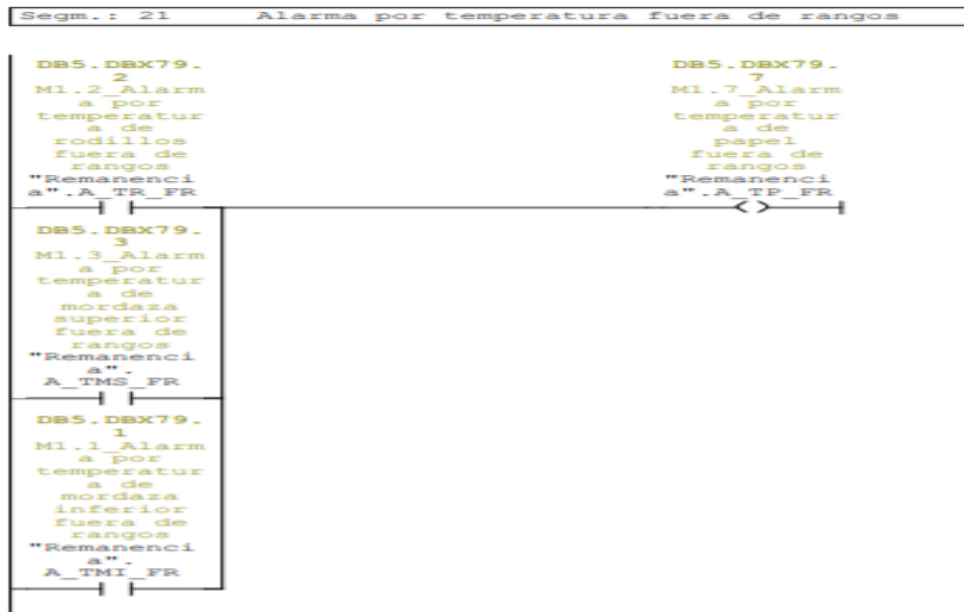


Figura 66. Alarma por temperatura baja en las mordazas y rodillos selladores
Fuente: Lopiparo (2020)

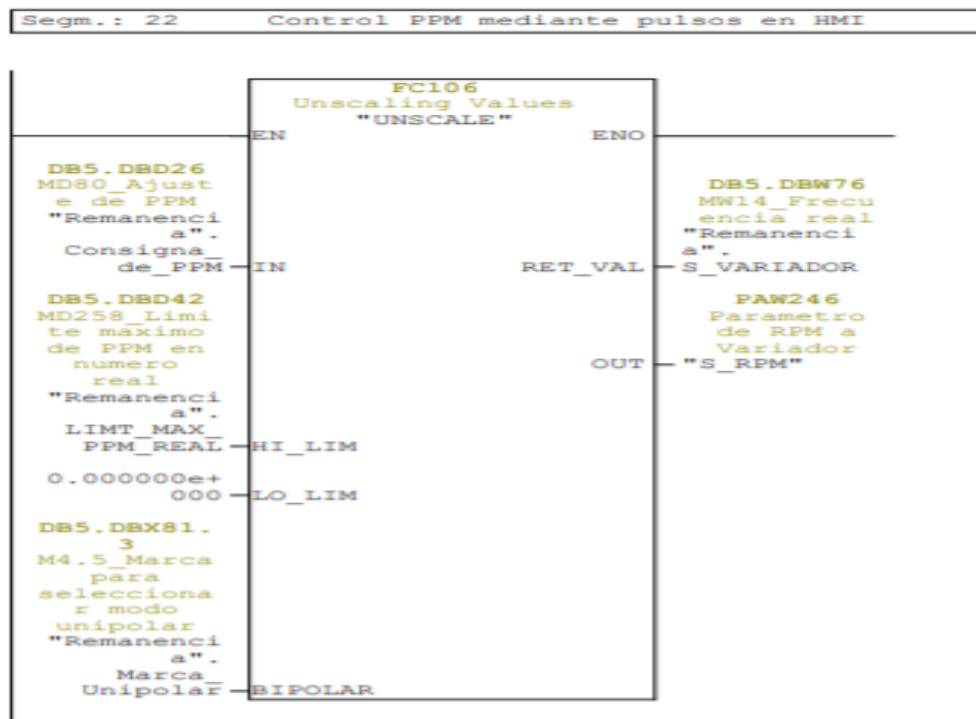


Figura 67. Control de velocidad de empaque (ppm) según longitud de paquete

Fuente: Lopiparo (2020)

A los efectos de este, la programación en escalera se realizó en base al diagrama de flujos, quedando la programación parcialmente demostrada, en donde las partes más cruciales quedan mostradas en los anexos del objeto de estudio, es por lo que se reserva la propiedad intelectual del autor en la elaboración del diseño.

En este propósito, la programación consiste principalmente en la verificación de 3 condiciones fundamentales para preservar la seguridad del operador, de la maquina y de la calidad del empaquetado, la primera condición es la de los parámetros de temperatura en las mordazas y rodillos selladores. El operador debe encender los termostatos de acuerdo a la pieza a calentar, este ingresa una determinada temperatura y el programa se encarga de comparar la temperatura medida por una termocupla ubicada en cada pieza selladora de la máquina, el PLC compara la temperatura actual con respecto a la ajustada en el termostato, si la temperatura actual está por debajo de la ajustada se emite una alarma por baja temperatura y se envía en la salida una señal al relé para calentar la resistencia de la pieza y aumentar la temperatura.

En consecuencia de esto, la temperatura de la pieza cuyo termostato fue ajustado, va a aumentar hasta que sea ligeramente mayor o igual a la ajustada, la alarma por baja temperatura se desactiva cuando la temperatura de la pieza está a menos de 5% de la ajustada, el incremento de la temperatura se realiza lentamente y su enfriamiento depende directamente de la temperatura del ambiente. De no desactivarse la alarma por baja temperatura de cualquiera de las 3 piezas la maquina no podrá iniciar el proceso de empaquetado, asegurando de que esta no trabaje en condiciones no ideales para lo ajustado por el operador. Cabe agregar que, la temperatura máxima de los termostatos es limitada por un personal autorizado cuyo acceso está oculto en el HMI y con esto se limita el ingreso de temperaturas por encima de lo permitido.

En este mismo sentido, la segunda condición de arranque que existe es que el equipo no inicia el empaquetado si detecta que alguno de los 2 térmicos para los motores principal y secundario estén activos, por otra parte si la función de detección de paquetes en el riel este activa y que el sensor no detecte paquetes justo antes de ser envueltos por el material de empaque, el equipo se detendrá y alertará sobre esto.

En consecuencia, el equipo no arrancará a menos que se detecte paquetes en el riel, cabe destacar que esta función es opcional y el operador puede desactivarla, por último, la empaquetadora para iniciar su funcionamiento debe tener todos sus botones de parada desactivados.

Para finalizar, el equipo debe tener sus cubiertas protectoras debidamente cerradas (ya que existe una función que también es opcional para el operador) siendo 3 cubiertas en total las cuales protegen del acceso indebido a piezas móviles con alta temperatura y punzantes del equipo mientras está en funcionamiento. Hechas las consideraciones anteriores, el equipo realiza las verificaciones iniciales para su funcionamiento, ahora el operador debe ajustar los parámetros del paquete como lo es la longitud medida en cm, con esto la maquina detecta la cantidad de ppm (paquetes por minuto) que como máximo puede procesar, sabiendo eso, el operador ajusta la longitud del paquete por medio de la HMI o por el control analógico ya instalado en el equipo.

En este sentido, la maquina tendrá dos maneras de ajustarse, siendo el uso del control analógico adecuado, trabajando con un sensor inductivo que detecta el mecanismo cada vez que este control aumenta o disminuye el largo del paquete, la otra forma de ajustar su longitud es por medio del panel táctil del HMI brindándole al operador botones virtuales e indicadores de la longitud actual.

Significa entonces que, teniendo los parámetros de longitud y temperatura del paquete, el operador procede a ajustar la velocidad de empaque, teniendo como referencia que la máxima velocidad empaque es regulada según la longitud del paquete que va a procesar y que la velocidad mínima es de 0 ppm. Este último, es ajustado por medio de la interfaz gráfica y que ajustando un valor entre esos límites el PLC envía al variador de frecuencia cierto nivel de tensión para trabajar acorde a lo que el operador ingreso en la velocidad.

Finalmente, teniendo las condiciones de seguridad en buen estado, las condiciones de trabajo entre los rangos que el mismo operador ajustó y que además que no hay alertas activas, son condiciones suficientes para que el equipo inicie el proceso de empaquetado por medio de la activación del motor principal. Por otra parte, existe un motor secundario en la maquina cuyo uso es requerido para ajustar el material de empaque cuando se está ingresando el material en los rodillos selladores, este motor al activarse hala empaque para que el operador lo ajuste al molde del riel.

Con referencia a lo anterior, el motor secundario tiene como uso girar los rodillos selladores al momento de ingresar el material de empaque entre los moldes de la empaquetadora, para que este se active tiene como condición inicial que el motor principal este apagado y las condiciones como la activación de los térmicos y los botones de parada y parada de emergencia no estén pulsados para que este motor se encienda.

En conclusión, la interacción de esta programación se hace principalmente por medio de una interfaz gráfica que alberga la mayoría de los controles, indicadores de alarma y vistas de valores de cada parámetro del proceso. De este último, se procede a mostrar las vistas del HMI

4.3.20 Diseño de interfaz gráfica en WinCC flexible 2008

En este sentido, se muestran a continuación las vistas de cada pantalla en donde el operador tiene a su disposición una vista principal del proceso de empaquetado en donde tiene a su disposición toda la información de interés como lo es la temperatura de los selladores, la velocidad del sellado, indicadores luminosos para saber el estado del equipo, por otra parte, el operador dispone de una ventana para ajustar los parámetros de empaque como lo es la longitud, velocidad de empaque, ajuste de temperatura por separado de las mordazas y rodillos selladores.

En este propósito, en la vista general de ajuste, el operador puede activar o desactivar funciones opcionales como la detección de paquetes en el riel y las protecciones de las cubiertas. Por último, se dispone de una ventana en donde se visualiza las alarmas activas en el sistema como activación de térmicos de los motores, de falta de paquetes en el riel, de temperaturas bajas en los selladores, de apertura de cubiertas protectoras y de pulsación de botón de emergencia.

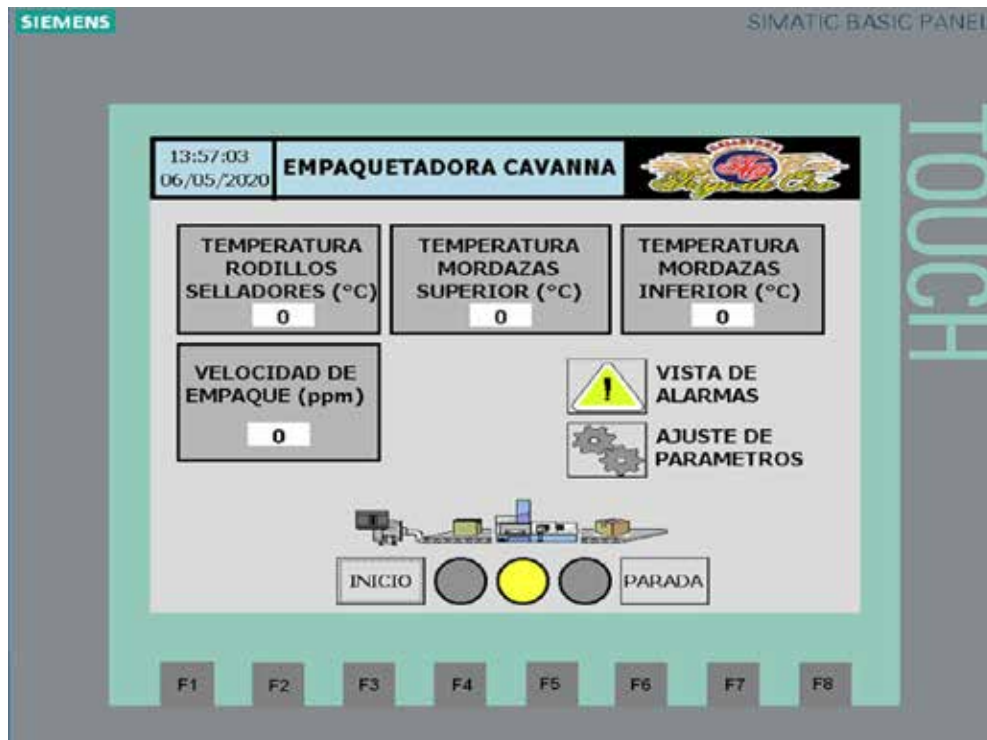


Figura 68. Vista principal de la interfaz grafica

Fuente: Lopiparo (2020)

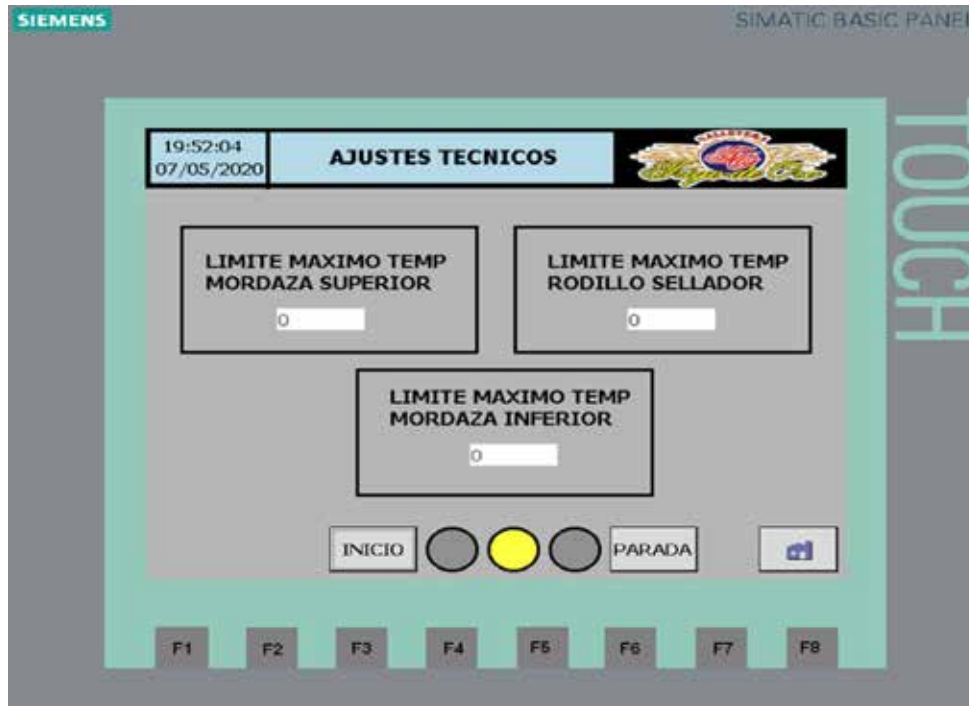


Figura 69. Limitadores de ingreso para la temperatura
Fuente: Lopiparo (2020)



Figura 70. Ajuste de parámetros del proceso de empaque
Fuente: Lopiparo (2020)

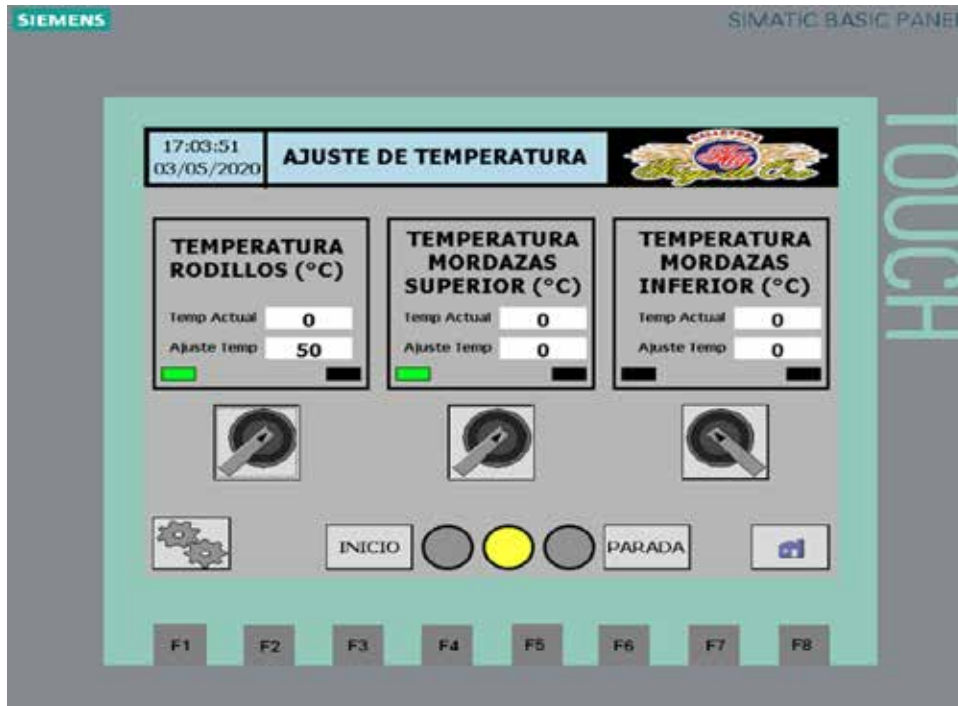


Figura 71. Ajuste de parámetros de la temperatura de sellado
Fuente: Lopiparo (2020)



Figura 72. Ajuste de longitud de paquetes
Fuente: Lopiparo (2020)



Figura 73. Ajuste de velocidad de empaque
Fuente: Lopiparo (2020)



Figura 74. Vista de alarmas del proceso
Fuente: Lopiparo (2020)

4.3.21 Planos de fuerza, control y tablero eléctrico

A continuación, se presentan los planos de fuerza y control para la elaboración del proyecto, observando detenidamente todos los elementos que intervienen en el proceso, realizando una conexión adecuada entre cada uno de ellos. Esto fue realizado en el programa AutoCAD Electrical versión 2020, dicho software permitió mostrar con detalle la distribución del cableado como también los diferentes TAG'S que tienen las entradas y salidas del PLC, del variador de frecuencias, de los motores y de los sensores involucrados. En este propósito se muestra a continuación los 8 planos para llevar a cabo el diseño propuesto.

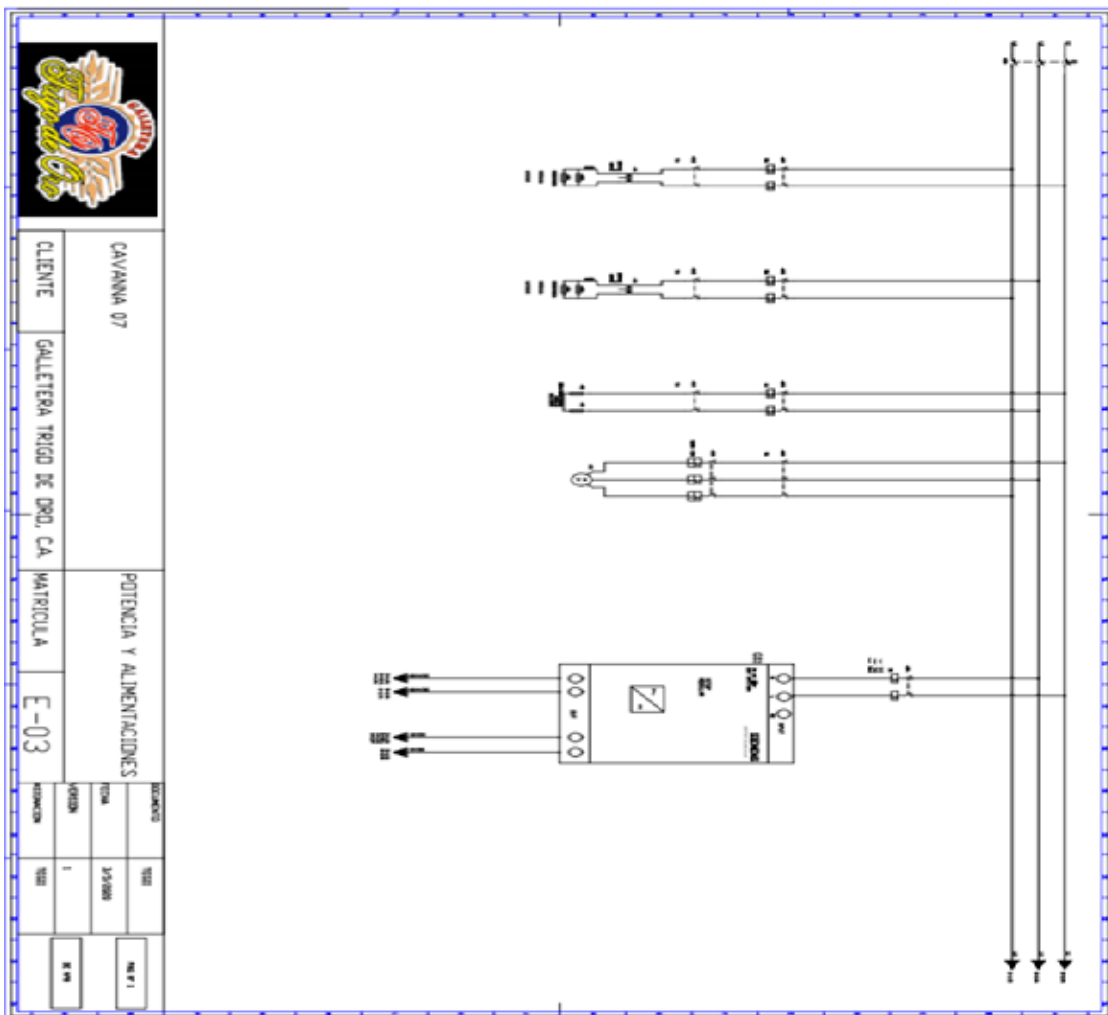


Figura 75. Diagrama de fuerza

Fuente: Lopiparo (2020)

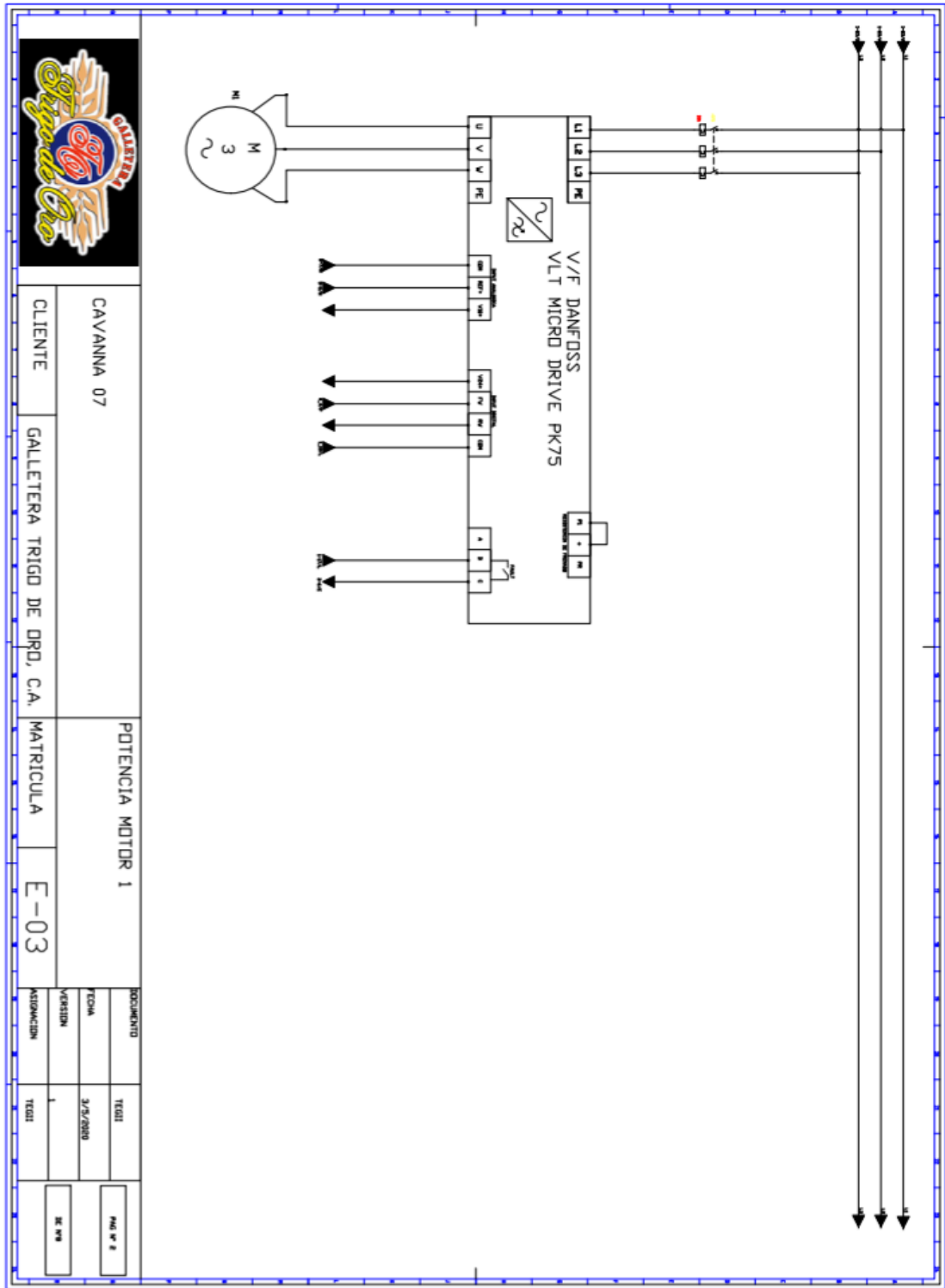


Figura 76. Diagrama de potencia motor principal

Fuente: Lopiparo (2020)

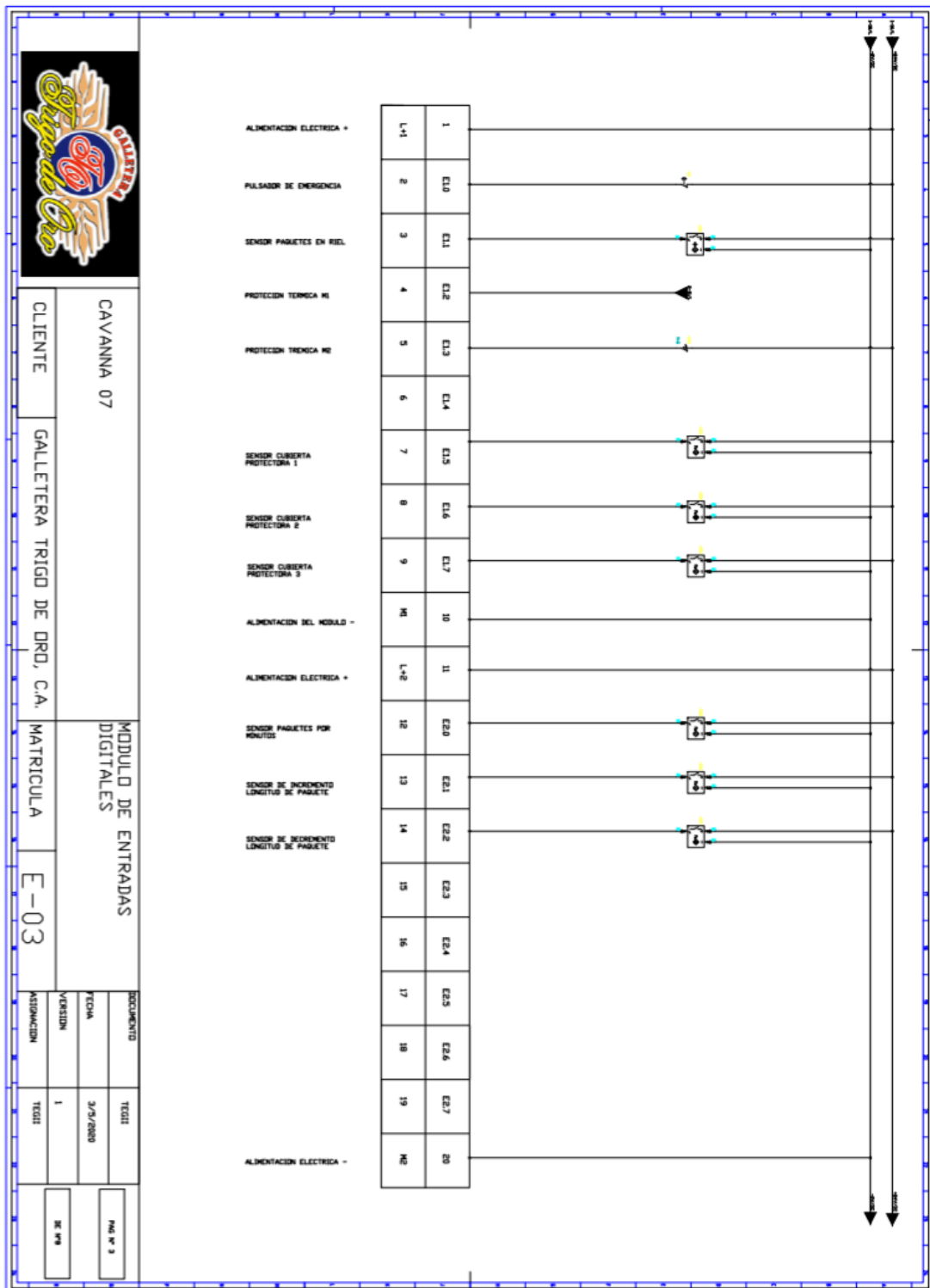


Figura 77. Módulo de entradas digitales

Fuente: Lopiparo (2020)

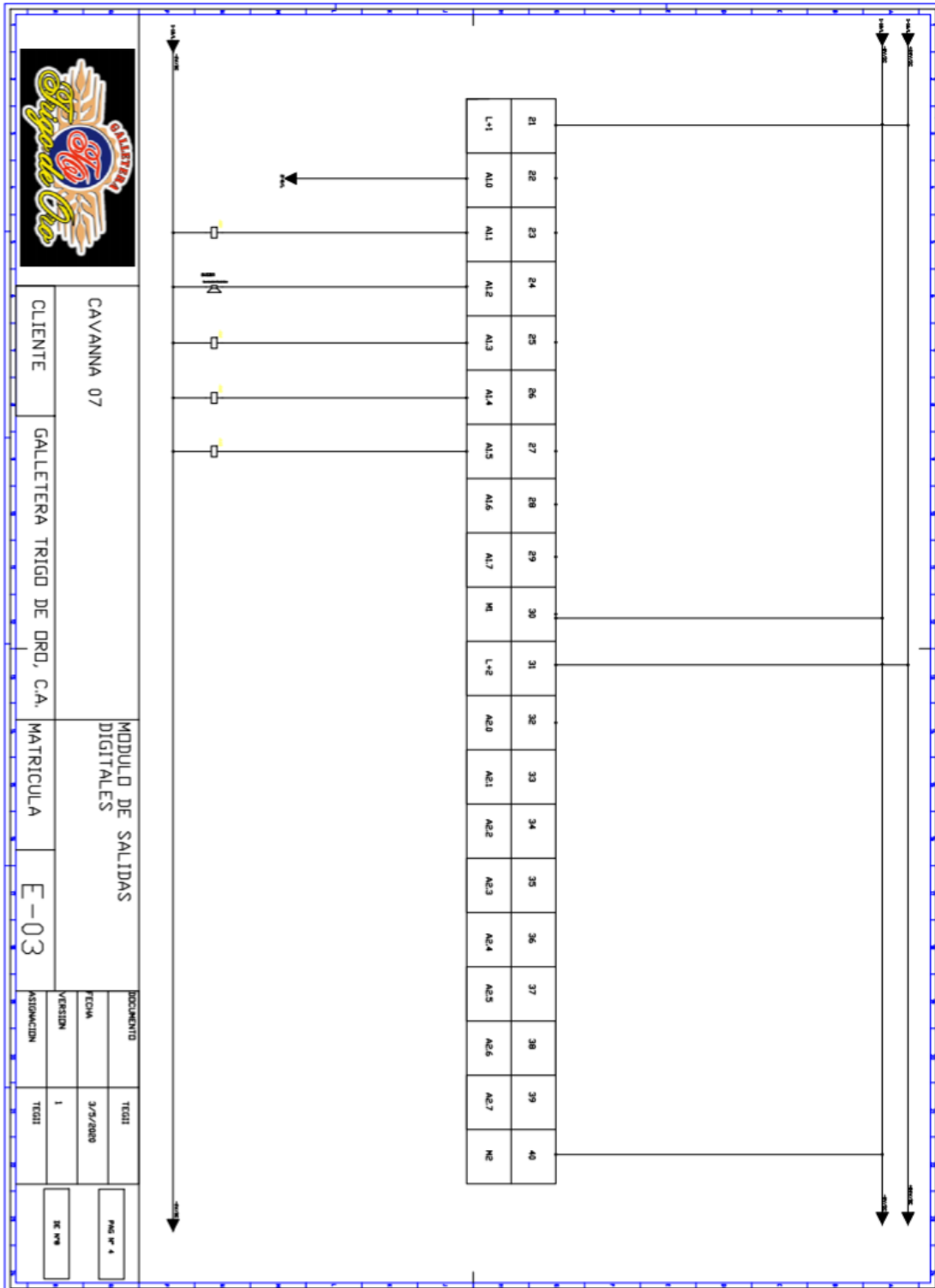


Figura 78. Módulo de salidas digitales
Fuente: Lopiparo (2020)

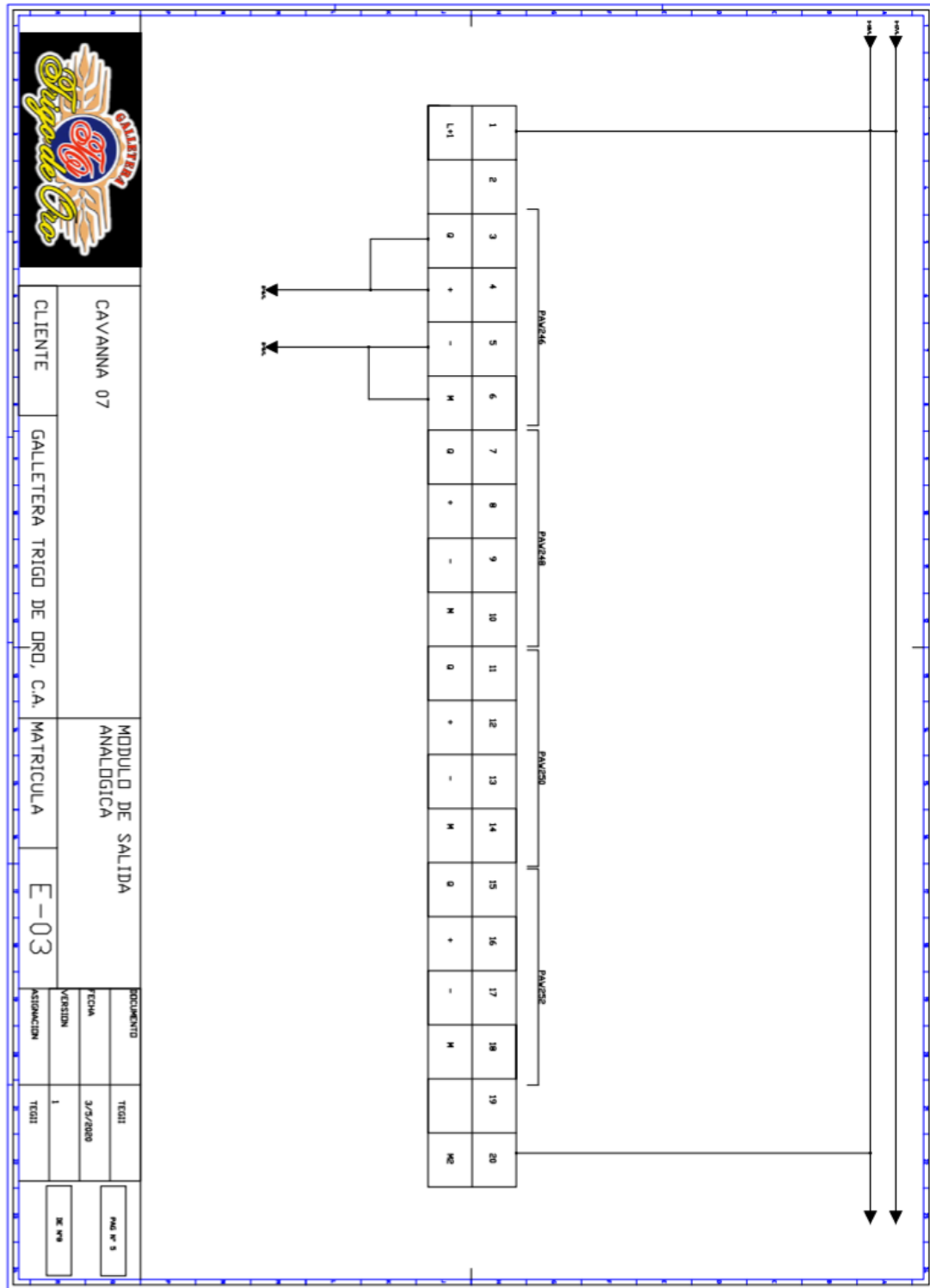


Figura 79. Módulo de salidas analógicas
Fuente: Lopiparo (2020)

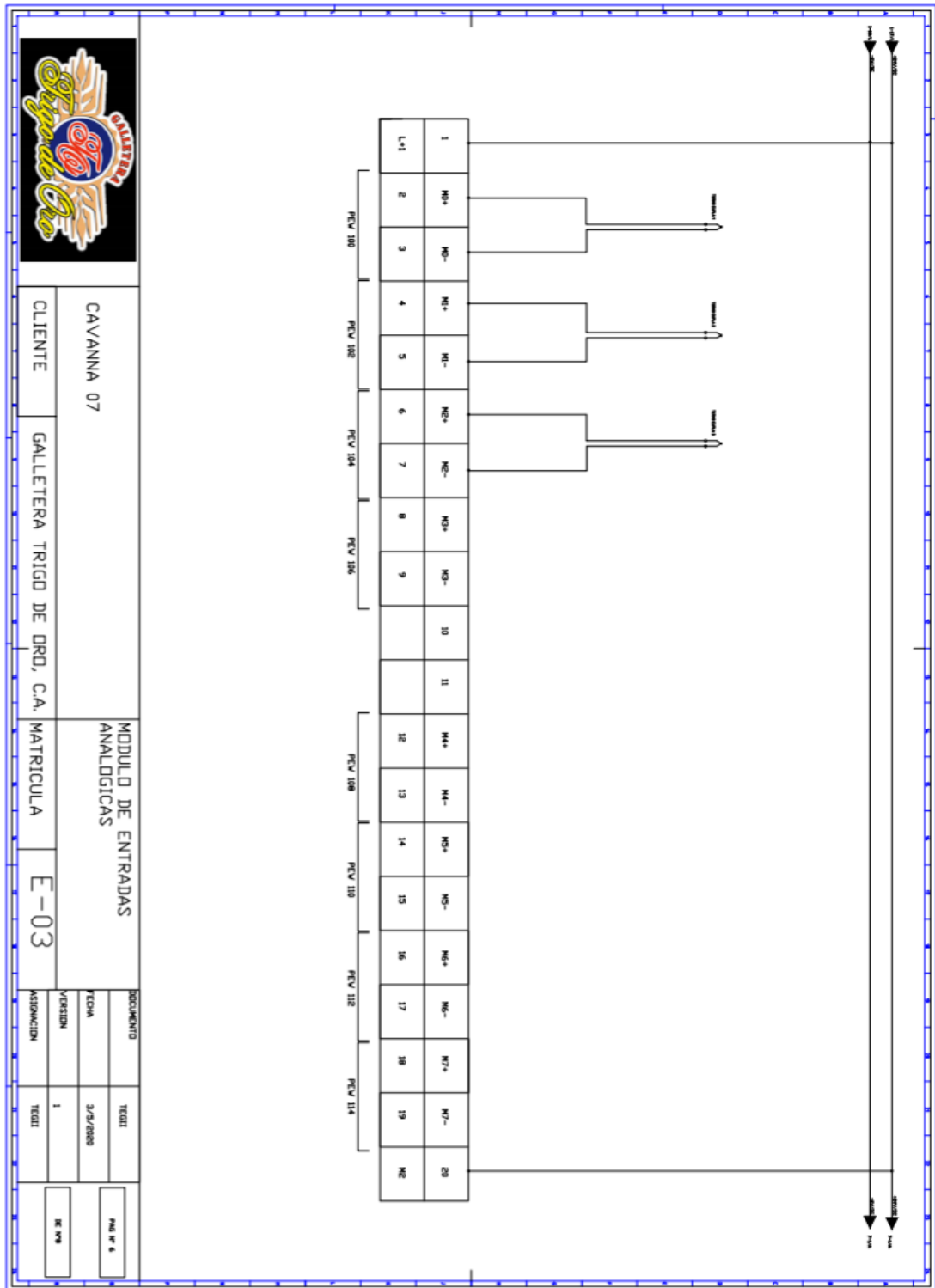


Figura 80. Módulo de entradas analógicas
 Fuente: Lopiparo (2020)

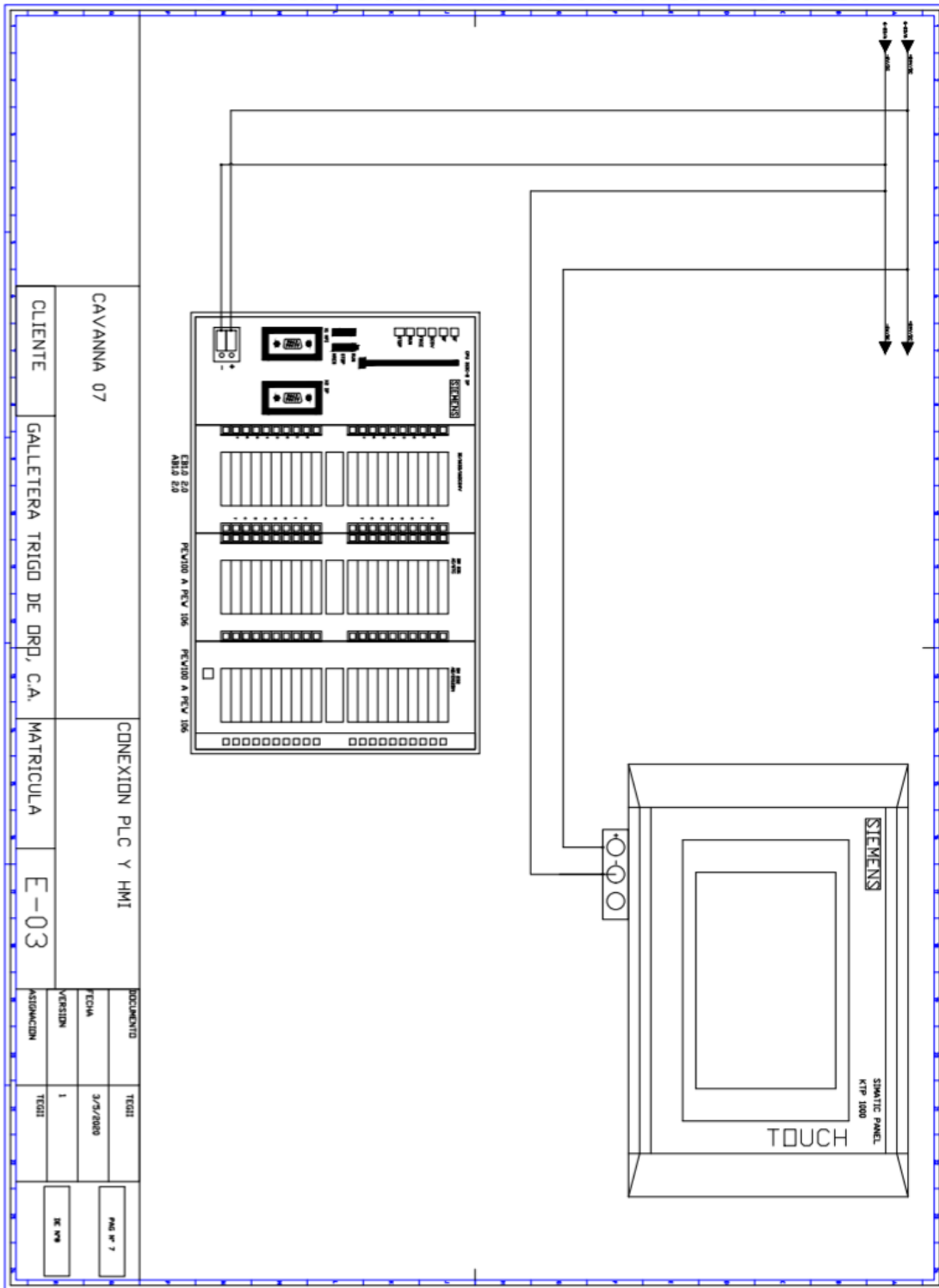


Figura 81. Conexión entre PLC y HMI

Fuente: Lopiparo (2020)

Finalmente, el uso de los componentes implicados en el diseño propuesto ha sido descrito, cuya participación de dichos componentes fue posible gracias a la implementación de una programación elaborada en el programa Step 7 en su versión 5.6. siendo este programa la herramienta utilizada para elaborar una programación en lenguaje escalera, tal que, el PLC interprete las distintas señales que le envían los sensores y pulsadores físicos conectados en las entradas de este, de esta forma, siguiendo un determinado procedimiento (ver figura 33) de verificación y supervisión de variables de proceso, se realiza el empaquetado de galletas.

4.4 Fase IV: Estudio de factibilidad técnico, operativo, económico, social y ambiental para el desarrollo de la propuesta.

4.4.1 Factibilidad Técnica

A lo largo de los planteamientos realizados, quedó en evidencia los ensayos, diagramas, planos y simulaciones que sirvieron como soporte para avalar la reducción de los problemas que posee actualmente la empresa Galletera trigo de oro, C.A. en su proceso de empaquetado. En efecto, las limitaciones de diseño que poseen las empaquetadoras de galletas marcas Cavanna modelo 07 y 011 fueron reducidas por un diseño que involucró nuevas alarmas, nuevas condiciones de seguridad hacia el personal, mejor ergonomía laboral, mayor fiabilidad en el control y visualización de las variables del proceso y por último, reducción de gastos en materia prima y de horas trabajo-hombre desperdiciadas.

En este propósito, se elaboraron planos eléctricos y simulaciones para demostrar que la programación del PLC cumple con las características actuales del proceso de empaquetado, añadiendo también nuevas funciones y variables dentro de este. Por otra parte, los planos eléctricos le brindan una guía al personal técnico para llevar a cabo la instalación del mismo, incluyendo componentes de marcas distinguidas en el sector industrial a nivel mundial. Con esto último, se garantiza que piezas que se encuentran dentro del almacén de repuestos de la empresa Galletera trigo de oro, C.A. sean añadidas en la implementación del diseño a futuro.

En relación a este último, las marcas utilizadas en la selección de componentes del diseño propuesto son utilizadas actualmente por la empresa en otros procesos de empaquetado de galletas, marcas como Siemens, Danfoss, Festo, entre otros, son de gran relevancia ante el personal técnico que labora en la empresa, asegurando que el conocimiento que estos poseen será aplicado en el diseño propuesto evitando realizar capacitaciones adicionales para la implementación del diseño propuesto.

4.4.2 Factibilidad operativa

Según se ha visto, los equipos incluidos en el diseño propuesto resultan conocidos para el personal técnico de la empresa Galletera trigo de oro, C.A. Esto se debe a que actualmente piezas de la marca Siemens, Danfoss, Festo, Autonics, entre otros, que se incluyeron en el diseño propuesto, anteriormente ya se encontraban presentes en otros procesos de la empresa, en donde el personal técnico de la compañía ya está capacitado para la manipulación, instalación y mantenimiento de componentes como PLC, HMI, variadores de frecuencia, sensores de proximidad, entre otros, para estas mismas marcas. En conclusión, el personal técnico no requiere de capacitación adicional para el uso de estos componentes, brindándole un nivel de operatividad apropiado para la implementación del diseño propuesto.

4.4.3 Factibilidad económica

En este mismo sentido, queda por demostrar la factibilidad económica del proyecto, en este apartado se muestran en la tabla (ver tabla 7) los costos de los componentes, mientras que los costos por mano de obra del personal calificado y horas de trabajo requeridas se muestra en otra tabla (ver tabla 8), en el caso del costo por uso de instrumentos, vehículos, viáticos y herramientas para llevar acabo la elaboración del diseño propuesto (ver tabla 9) se muestra en otra tabla.

Por último, se muestra una tabla indicando el costo por administración, gastos generales, utilidad, entre otros (ver tabla 10), quedando demostrados todos los costos que la elaboración del diseño propuesto requiere. A continuación se muestra en tablas dichos costos:

Tabla 8. Costos directos de componentes del proyecto

Fuente: Lopiparo (2020)

Ítem	Cant	Componente	Marca	Modelo	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
1	1	PLC S7 300 CPU 313C-2	Siemens	6ES7 313-6CE00-0AB0	794\$	794\$
2	1	Modulo 8 entradas analógicas	Siemens	6ES7 331-7PF10-0AB0	85\$	85\$
3	1	Modulo 4 salidas analógicas	Siemens	6ES7 332-7ND00-0AB0	244\$	244\$
4	6	Sensor inductivo	Festo	SIED-M30B-ZS-K-L	35\$	210\$
5	1	Sensor capacitivo	Autonics	CR18-8DP	23\$	23\$
6	1	Buzzer	GENERIC	N/A	10\$	10\$
7	1	HMI KTP1000 DP	Siemens	6AV6647-0AE11-3AX0	1.150\$	1.150\$
8	1	VLT Micro Drive FC 51	Danfoss	PK75	158\$	158\$
9	3	Relé de estado solido	OMRON	G3NA-210B-UTU DC5-24	27\$	81\$
10	1	Contactador trifásico	Schneider	LC1 D09BD	117\$	117\$
11	1	Breaker trifásico	Schneider	QO340	248\$	248\$
12	2	Fusibles Ultra rápidos	Bussmann	ktr-r20	44\$	88\$
13	4	Fusibles Ultra rápidos	Bussmann	ktr-r10	30,31\$	121,24\$
14	2	Fusibles Ultra rápidos	Bussmann	ktr-r2	30,31\$	60,62\$

15	2	Fusibles Ultra rápidos	Bussmann	ktr-r4	32,24\$	64,48
16	1	Tarjeta de memoria PLC	Siemens	6ES7953-8LF31-0AA0	39\$	39\$
17	4	Conector frontal de 40 polos	Siemens	6ES7392-1AM00-0AA0	40\$	160\$
18	1	Cable de datos para PLC-PC	AMSAMOTION	6ES7 972-OCB20-OXAO	55\$	55\$
Costo						3.708,34\$

Tabla 9. Costos por mano de obra del proyecto

Fuente: Lopiparo (2020)

Elaboración del diseño de proyecto, instalación de componentes, cableado, pruebas en laboratorio. Traslado de material a sitio, desinstalación de tablero anterior, instalación de tablero, programación, pruebas con carga y sin carga, pruebas finales	Cant	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
Ingeniero Principal	80 horas de trabajo	25\$	2000\$
Técnico especializado	40 horas de trabajo	17\$	680\$
Ayudante	16 horas de trabajo	9\$	144\$
Costo			2.824\$
Costo total			6.532,34\$

Tabla 10. Costos indirectos del proyecto

Fuente: Lopiparo (2020)

Ítem	Cant	Concepto	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
1	1	Uso de Vehículo	85\$	85\$
2	1	Viáticos	50\$	50\$
3	1	Uso de Herramientas	110\$	110\$
Costo			245\$	
Costo total			6.777,34	

Tabla 11. Gastos Directos e indirectos del proyecto

Fuente: Lopiparo (2020)

Ítem	Cant	Concepto	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
1	1	Administración y gastos generales 20%	1.315\$	1.315\$
			Costo	1.315\$
			Sub-total General	8.092,34\$
			25% Utilidad	2.023,085\$
			Total General	10.115,425\$

En relación a lo anterior, obtenemos el costo para la realización del diseño propuesto, en donde el tiempo en que se recupera la inversión puede enmarcarse en el periodo de un año laboral. Actualmente, las empaquetadoras cavanna 07 y 011 están en uso y generan ingresos económicos a la Galletera Trigo de Oro, C.A. diariamente. Es por lo que se añade el costo de la inversión del diseño dentro de la estructura de costo de los productos que la empaquetadora procesa diariamente.

En este sentido, la empresa trabaja 11 meses al año, dando 1 mes de vacaciones, en donde se disponen de 20 días hábiles de trabajo, lo cual implica que hay disponibles 220 días de trabajo al año. Es por lo que, si la inversión cuesta 10.115,425\$ y se divide entre los días hábiles de trabajo, se tienen que 45,97\$ deben ser añadidos a la estructura de costo de los productos que la maquina procese durante un año. Por ejemplo, la empresa fabrica un promedio de 820 paquetes tipo Multipack por batido, en donde normalmente se fabrican 20 batidos diarios, teniendo así un estimado de 16.400 paquetes que la empaquetadora procesará cada día. En consecuencia de esto, el monto a agregar a la estructura de costo de los productos se calcula como:

$$\frac{\text{Costo inversion diario}}{\text{paquete producidos}} = \frac{\$45,97}{16.400 \text{ paquetes}} = \$0,002$$

El costo de venta actual es de \$0,6 por paquete Multipack y añadiendo el costo de inversión por año quedaría como \$0,602. Es decir en un año se recobra la inversión del diseño propuesto si se añade a la estructura de costo el valor calculado.

4.4.4 Factibilidad social

En líneas generales, el desarrollo del objeto de estudio le brindará al personal que labora con los equipos Cavanna modelo 07 y 011 beneficios como la mejora en las protecciones de las cubiertas de piezas móviles de alto riesgo, lo cual se traduce en mayor seguridad para los trabajadores al igual que reducción de accidentes laborales.

Por otra parte el aumento de la fiabilidad al momento de controlar y visualizar los parámetros de proceso del equipo lo que trae consigo reducción del tiempo que le toma al operador la puesta a punto del equipo. Por último, la detección de fallas durante el proceso será más efectiva al incorporarle alarmas y luces para alertar al operador en tiempo oportuno cualquier falla que repercute en la calidad del empaquetado lo que a su vez significa mejor calidad del producto y mejor supervisión para el operador.

4.4.5 Factibilidad ambiental

Hechas las consideraciones anteriores, se ha demostrado que las maquinas empaquetadoras cavanna modelo 07 y 011 generan desechos como lo es el material de empaque, el cual no es reutilizable y constituye un gran impacto en la contaminación ambiental por ser material plástico no degradable, mayormente, la generación de estos desechos es debido a que los paquetes procesados por estos equipos no cumplen con los estándares mínimos de calidad, ocurriendo mayormente cuando el operador no es capaz de detectar a tiempo fallas en las variables de proceso como lo es la temperatura de las mordazas y rodillos selladores.

Esto último, es un problema que el diseño propuesto abordó, al incorporar alarmas y la detención de la empaquetadora, si al visualizar que la temperatura actual de los rodillos y mordazas selladoras se encontrasen fuera de los rangos permitidos. En otras palabras, el diseño asegura de que la temperatura del sellado se mantenga óptima para cada tipo de producto a procesar. Además, el diseño incorpora la función de verificar si existen productos dentro del riel de alimentación de la máquina, en caso de no haber paquetes, el equipo se detendrá y emitirá una alarma para alertar al personal y así darle la oportunidad al personal de llenar el espacio vacío y reducir los desechos.

En efecto, esto último acarrea un impacto positivo al medio ambiente, al tratarse de material no degradable como lo es el polipropileno, que fácilmente puede dañar el ecosistema de otros seres vivos en especial los ecosistemas acuáticos. Por último, otro punto en consideración es el ahorro energético que el diseño propuesto le brinda a la empresa Galletera trigo de oro, C.A. debido a la integración de un variador de frecuencia, el cual aporta un ahorro energético para cada arranque de la máquina empaquetadora, evitando los picos de corriente, alargando la vida útil de los conductores y del motor en sí. Es por las consideraciones realizadas que, el diseño propuesto cumple abiertamente con la participación en la preservación del medio ambiente y del correcto uso de los materiales e insumos de la compañía.

CONCLUSIÓN

A lo largo de los planteamientos realizados, quedó en evidencia como el diseño propuesto tuvo como objetivo atender la necesidad actual en el proceso de empaquetado de la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. En este sentido, el objeto de estudio desarrolló una solución para adecuar los equipos empaquetadores de galletas de la marca Cavanna en sus modelos 07 y 011, esto, con la finalidad de reducir gastos de material de empaque, reducir los accidentes laborales tras la manipulación de sus controles al igual que mejorar la ergonomía al operar dichos equipos, la manera en que se visualiza y controla los parámetros del proceso como lo es la temperatura, velocidad de empaque y la longitud de los paquetes fue adecuada a un diseño que junto a personal calificado en el área y a la inclusión de nuevas tecnologías fue posible su elaboración.

Hecha la observación anterior, es imperativo recalcar que de la investigación y diseño realizado surgieron una serie de conclusiones y resultados que van en concordancia con los objetivos propuestos al inicio, en este sentido, los resultados satisfacen el propósito de cada objetivo, dichas conclusiones se muestran a continuación:

1. Las variables del proceso son procesadas por un PLC que cumple con los requisitos para llevar un control completo del sistema, es por ello que la inclusión de nuevas tecnologías permitió renovar la manera en cómo el equipo lleva a cabo su trabajo. En efecto, luego de incluir un PLC para el procesamiento de las variables de proceso, se elaboró una interfaz gráfica amigable para el operador de la maquina y que a través de esta, el operador controla y visualiza las variables de proceso y ciertas alarmas durante su operación de una forma más eficaz.
2. La simulación realizada en el programa Simatic Step 7 Basic V11 muestra la efectividad del sistema de control propuesto, se documentó ampliamente la manera en cómo se elaboró cada segmento de la programación del PLC, resultando una secuencia lógica similar a la manera en que se ajustan los parámetros de la empaquetadora y las distintas condiciones de arranque.

3. Los parámetros y consideraciones obtenidos durante la aplicación de las técnicas de adquisición de datos permitieron tratar ciertas condiciones de trabajo actuales de la empaquetadora y llevarlas a líneas de código de PLC esto con la finalidad de incluir la metodología de uso actual y corregir ciertos aspectos técnicos en la operación de la empaquetadora. Por otra parte se añadieron nuevas funciones a la máquina, como también alarmas para alertar sobre situaciones en que se vea afectada la calidad del empaquetado de galletas como también la seguridad del operador y el estado de los componentes de la empaquetadora.
4. Este sistema garantiza a la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. un procesamiento de sus productos dentro de los rangos de calidad establecidos por esta, mayor ergonomía a sus operadores ya que incluye un control brindado por una pantalla táctil, que desde esta se podrá visualizar y ajustar las variables de proceso de una manera más precisa, confiable y fácil de manipular, como resultado de esto, el tiempo que el operador requiere para la puesta a punto del equipo es menor. Por otra parte, la detección de irregularidades durante la operación del equipo será más certero, al visualizar con exactitud que variable de proceso está comprometida y que parte del proceso está fallando.
5. En consecuencia de esto, se reducen: las paradas técnicas por baja temperatura, gasto de material de empaque desechado por mala calidad de sellado, accidentes laborales por acceso indebido a piezas móviles. En conclusión, se aprovechan mejor los insumos y los materiales como también las horas trabajo-hombre disponibles durante la jornada laboral.
6. El costo de esta inversión es añadido a la estructura de costo de los productos procesados por las empaquetadoras Cavanna 07 y 011, se realizó un cálculo en el caso de los productos del tipo Multipack siendo este es el producto principal que la empaquetadora procesa, cuyo costo actual es de 0,6\$ por paquete y añadiéndole el costo de la inversión por un año al valor actual el Multipack deberá costar 0,602\$ recobrando la inversión en un año

RECOMENDACIONES

El diseño propuesto le otorga a la empresa Galletera Trigo de Oro, C.A. la facultad de ser escalable, es decir, que es capaz de modificarse y llevarlo a nuevos niveles de complejidad que satisfagan nuevas necesidades a futuro. En este sentido, durante la selección de los equipos, componentes y diseño de los controles, se optó por brindarle la posibilidad a la empresa de incluir más mejoras utilizando los mismos componentes, entre ellos destacan el PLC, el HMI, el variador de frecuencia, los termopares, entre otros. Todo esto, para agregar más ergonomía, seguridad y eficiencia al proceso de empaquetado. Ciertos aspectos que el diseño propuesto no trato y que sería ideal mejorar a futuro, se enlistan a continuación:

1. La inclusión de cilindros neumáticos para mejorar la manipulación de la apertura de los rodillos selladores, debido a que actualmente se realiza por medio de palancas mecánicas y que reduciendo la exigencia física que su manipulación requiere resultaría más fácil la apertura de los mismos lo cual debe ser rápido en caso de una emergencia o incluso cuando la maquina se detiene los rodillos deben abrirse para evitar sobre sellado. En este sentido, la apertura de los rodillos selladores al ser manipulados por medio de la HMI otorga mayor ergonomía y menos esfuerzos físicos, el diseño propuesto incluye una HMI tal que dicho control puede incluirse en su interfaz gráfica.
2. Cambiar el comportamiento en que se abren o cierran los rodillos selladores al momento en que la maquina debe modificarse, ya que la empaquetadora al detenerse justo cuando procesando productos perjudica indirectamente la calidad del sellado de estos, debido a que los rodillos se mantienen cerrados y a su vez el contacto entre el material de empaque y el sellador se mantiene, generando un sellado excesivo del empaque, perjudicando la calidad del paquete justo después de arrancar la maquina nuevamente. Es por lo que se propone la inclusión de una secuencia lógica en el PLC que abra automáticamente los rodillos cuando la empaquetadora está detenida y que los cierre cuando se inicie nuevamente.

REFERENCIAS

Bibliográficas

- Arias, Fidias. (1999). *Proyecto de la investigación, guía para su elaboración*. (3ª. ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.
- Arias, Fidias. (2006). *Proyecto de Investigación, Introducción a la metodología científica*. (5ª. ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.
- Arias, Fidias. (2012). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. Caracas: Editorial Episteme.
- Gálvez, A. (2002). **Revisión Bibliográfica**. 10ma edición. Madrid: editorial Mayo.
- Hurtado, J. (2007). **El proyecto de investigación**. 4ta edición. Caracas: Editorial Quirón.
- Parella, S; y Martins, F. (2010). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. (4ª. ed.). Caracas, Venezuela: Editorial FEDEUPEL.
- Sabino, C. (1992). **El proceso de investigación**. 1era edición. Caracas: Editorial Logos.
- Sabino, C. (2002). **El proceso de investigación**. 2da edición. Caracas: Editorial Panapo.
- Tamayo, M. (1998). **El proceso de la investigación científica**. 3ra edición. México: Editorial Limusa.
- Tamayo, M. (2003). **El proceso de la investigación científica**. 3ra edición. México: Editorial Limusa.

Electrónicas

- ABB (2019). **Variador de frecuencia**. Recuperado en: <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>
- Ingmecafenix (2018). **Instrumentos de medición**. Recuperado en: <https://www.ingmecafenix.com/otros/instrumentos-medicion/>

Ingmecafenix (2018). **PLC (Controlador Lógico Programable)**. Recuperado en:

<https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/que-es-un-plc>

Ingmecafenix (2019). **Sistema de Control**. Recuperado en:

<https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sistema-de-control/>

METALMECÁNICA (2019). **Adecuación**. Recuperado en:

<https://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Productos/Adecuacion-tecnologica-61980.html>

Logicbus (2019). **Automatización**. Recuperado en:

<https://www.logicbus.com.mx/automatizacion.php>.

Luxor technologies (2019). **Monitoreo Remoto**. Recuperado en:

<http://www.luxortec.com/preguntas-frecuentes/monitoreo-remoto/>

SENCE (2019). **Lista de cotejo**. Recuperado en:

http://www.sence.cl/601/articles-4777_recurso_10.pdf

Siemens (2019). **Step 7**. Recuperado en:

https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/es/brochure_simatic-step7_tia-portal_es.pdf

Tercesa (2019). **Motor eléctrico**. Recuperado en:

<https://tercesa.com/noticias/como-funciona-un-motor-electrico/>

Vaca, G (2013). **Máquinas Empaquetadoras**. Recuperado en:

<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3516>

Wonderware (2019). **HMI (Human Machine Interface)**. Recuperado en:

<https://www.wonderware.com/es-es/hmi-scada/what-is-hmi/>.