



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA ENFUNDADORA DE
LÍQUIDOS EN LA EMPRESA SELQUI, CANTON LATACUNGA”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico

Autores:

Guanochanga Balseca Jhon Alexander

Quinatoa Casa Edgar Mauricio

Tutor Académico:

Ing. MSc. Pacheco Mena Carlos Francisco

Latacunga - Ecuador

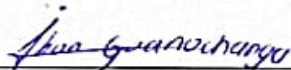
Agosto - 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Latacunga, 5 agosto de 2025

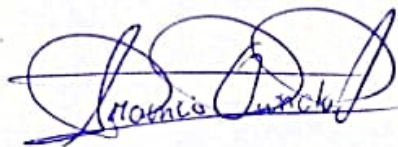
Guanochanga Balseca Jhon Alexander, con cédula de ciudadanía No. 0504599259, Quinatoa Casa Edgar Mauricio, con cédula de ciudadanía No. 0504598970 declaramos ser autores del proyecto de titulación "AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA ENFUNDADORA DE LÍQUIDOS EN LA EMPRESA SELQUI, CANTÓN LATACUNGA", siendo el Ing. Pacheco Mena Carlos Francisco Ms.C, tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.



Guanochanga Balseca Jhon Alexander
CC. 0504599259

AUTOR 1



Quinatoa Casa Edgar Mauricio
CC. 0504598970


AUTOR 2

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor de la propuesta tecnológica sobre el título:

“AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA ENFUNDADORA DE LÍQUIDOS EN LA EMPRESA SELQUI, CANTÓN LATACUNGA”, propuesto por el estudiante Guanochanga Balseca Jhon Alexander, con cédula de ciudadanía No. 0504599259, Quinatoa Casa Edgar Mauricio, con cédula de ciudadanía No. 0504598970 de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.

Latacunga, 5 de agosto 2025



Ing. Pacheco Mena Carlos Francisco Ms.C
C.C. 0503072902
TUTOR

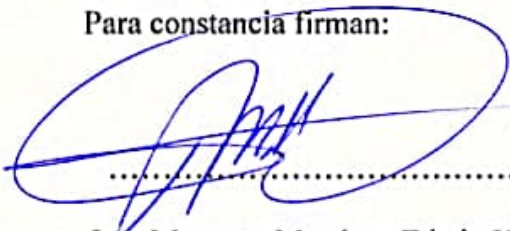
AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban la presente propuesta tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Guanochanga Balseca Jhon Alexander, con cédula de ciudadanía No. 0504599259, Quinatoa Casa Edgar Mauricio, con cédula de ciudadanía No. 0504598970 con el título de Proyecto de titulación: **"AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA ENFUNDADORA DE LÍQUIDOS EN LA EMPRESA SELQUI, CANTÓN LATACUNGA"**, me permito indicar que los estudiantes ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, además de validar el funcionamiento de la propuesta tecnológica , por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación en virtud de lo cual el postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 5 de agosto 2025

Para constancia firman:



Ing. Moreano Martínez Edwin Homero Ms.C
CC: 0502607500
Lector1 (presidente)



Ing. Alban Andrade Efrén Damián Ms.C
CC: 0502529514
Lector 2 (miembro)



Ing. Laurencio Alfonso Héctor Luis Ms.C
CC: 1758367252
Lector 3 (miembro)

CARTA DE AVAL DE LA INSTITUCIÓN DONDE SE REALIZA EL TRABAJO



Latacunga, 04 de agosto del 2025

Presente. -

En calidad de gerente propietario de la empresa **SELQUI**, Yo **Ing. Julio Cesar Quinatoa Lema Ms.C** certifico que mediante la propuesta tecnológica “**AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA ENFUNDADORA DE LIQUIDOS EN LA EMPRESA SELQUI, CANTON LATACUNGA**”, los señores **Guanochanga Balseca Jhon Alexander** con número de cédula N° **0504599259** y **Quinatoa Casa Edgar Mauricio** con número de cédula N° **0504598970**, realizan la entrega del proyecto de titulación en la industria ubicada en la Parroquia de Tanicuchi del cantón Latacunga, el día 04 del mes de agosto del 2025 en pleno funcionamiento.

Atentamente;



Ing. Julio Cesar Quinatoa Lema Ms.C
Gerente Propietario de SELQUI
C.I: 0503242968

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi la cual me abrió las puertas para formarme profesionalmente en un espacio de compromiso y de enseñanza, la misma que me proporciono herramientas las cuales son una parte fundamental para mi desarrollo como ingeniero, agradezco a las autoridades, docentes quienes han contribuido en mi formación profesional permitiéndome alcanzar este logro académico.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia y a todas las personas que me brindaron de su apoyo en el transcurso de estos años, quiero agradecer a mis hermanas que siempre han estado en el transcurso de estos años de carrera universitaria, principalmente quiero agradecer a mi madre Gladys Teresa Balseca Moncayo que ha sido el pilar fundamental para poder alcanzar este logro académico.

Jhon Guanochanga

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por la salud y la vida. Agradezco también a esta noble Institución de Educación Superior por abrirme las puertas a este gran mundo del saber.

A mis padres quienes me formaron con rectitud desde el inicio de la formación inicial hasta la formación profesional, por ser el principal apoyo moral de no decaer cuando existan momentos complicados de la vida siempre recordando que al paso que vaya la humildad debe prevalecer.

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón a mis padres que no los tendré terrenalmente por que así lo quiso Dios, pero siempre los llevo en mi corazón son mi motivo de toda índole gracias amados padres.

Para todos mis hermanos y familiares quienes han sido aquellos que siempre confiaron en mí y siempre encontraron la manera de ayudar y motivarme en la formación profesional.

Edgar Quinatoa

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA ENFUNDADORA DE LÍQUIDOS EN LA EMPRESA SELQUI, CANTON LATACUNGA”

Autores:

Guanochanga Balseca Jhon Alexander

Quinatoa Casa Edgar Mauricio

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica fue implementada en la empresa SELQUI la cual realiza labores de mantenimiento y repotenciación en máquinas eléctricas donde el objetivo es la incorporación de un sistema de control automático en una máquina enfundadora de líquidos que se encontraba obsoleta. Este sistema sustituye componentes obsoletos y consta de equipos eléctricos como: interruptores termomagnéticos para las protecciones principales, pulsadores y selectores como entradas digitales y potenciómetros como entradas analógicas conectados a una red de 220V, el módulo de control principal del tablero eléctrico es un controlador lógico programable PLC XINJE 16XD3-6RT-E el cual ejecuta señales de salida de tipo relé y transistores de interfaz dependiendo de las señales de entrada las cuales se encuentran condicionadas por el funcionamiento de la enfundadora, para poder optimizar los tiempos de producción se incorporó la actuación de las señales analógicas variando el voltaje de 0 a 10V el cual es escalado en un rango de 0 a 4095 e interpretado como la variación de tiempo dentro del autómata. Al terminar la automatización se realizó pruebas y toma de tiempos de enfundado llegando a la conclusión de la mejora de los mismos siendo esto justificable al cambio que tuvo en la parte de control eléctrico. En términos cuantitativos se mejoró en un 17 % más la producción en litros hora y se redujo el tiempo en cada ciclo mejorándolo en un 94.4 % más rápido estos datos están comparados en el análisis de resultados mediante una comparativa con la producción de la placa de datos de la máquina sin automatizar con esto se abordó el campo de la programación que va con la vanguardia tecnológica y la combinación de diagramas eléctricos, componentes electrónicos y equipos de potencia siendo esto una coordinación con el control eléctrico industrial y las líneas de producción.

Palabras claves: Automatización, Temperatura, Producción, Tiempo.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**THEME: “AUTOMATION OF A LIQUID PACKAGING MACHINE AT THE SELQUI
COMPANY, LATACUNGA CANTON”**

Authors:

Guanochanga Balseca Jhon Alexander

Quinatoa Casa Edgar Mauricio

ABSTRACT

The technological proposal was implemented at the company SELQUI, which performs maintenance and refurbishment work on electrical machines. The objective was to incorporate an automatic control system in a liquid bagging machine that had become obsolete. This system replaces obsolete components and consists of electrical equipment such as: thermomagnetic circuit breakers for main protections, push buttons and selector switches as digital inputs, and potentiometers as analog inputs connected to a 220V network. The main control module of the electrical panel is a programmable logic controller PLC XINJE 16XD3-6RT-E, which executes output signals via relays and interface transistors, depending on the input signals, which are conditioned by the operation of the bagging machine. To optimize production times, the actuation of analog signals was incorporated by varying the voltage from 0 to 10V which is scaled in a range from 0 to 4095 and interpreted as a time variation within the controller. Upon completion of the automation process, tests and timing measurements of the bagging operation were carried out, reaching the conclusion that improvements had been achieved—justified by the changes made in the electrical control section. In quantitative terms, production increased by 17% in liters per hour and the cycle time was reduced by 94.4%, making it significantly faster. This approach addresses the field of programming in line with current technological trends, combining electrical diagrams, electronic components, and power systems, resulting in effective coordination between industrial electrical control and production lines.

Keywords: Automation, Temperature, Production, Time.



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés de la propuesta tecnológica cuyo título versa: **“AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA ENFUNDADORA DE LIQUIDOS EN LA EMPRESA SELQUI, CANTÓN LATACUNGA”** presentado por: **Jhon Alexander Guanochanga Balseca y Edgar Mauricio Quinatoa Casa**, egresados de la Carrera de: **Electromecánica** perteneciente a la **Facultad de Ciya**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 1 de agosto del 2025

Atentamente,

Mg. Marcelo Pacheco
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502617350



**CENTRO
DE IDIOMAS**

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| DECLARATORIA DE AUTORÍA..... | i |
| AVAL DEL TUTOR DEL LA PROPUESTA TECNOLÓGICA | ii |
| AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN | iii |
| CARTA DE AVAL DE LA INSTITUCIÓN DONDE SE REALIZA EL TRABAJO | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| RESUMEN | vii |
| ABSTRACT | viii |
| AVAL DE TRADUCCIÓN..... | ix |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL | 1 |
| 2. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 2.1 Situación problemática. | 4 |
| 2.2 Formulación del problema..... | 4 |
| 2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN. | 4 |
| 2.3.1 Objeto de investigación. | 4 |
| 2.3.2 Campo de Acción. | 4 |
| 2.3 BENEFICIARIOS..... | 5 |
| 2.5. OBJETIVOS..... | 6 |
| 2.5.1 Objetivo general. | 6 |
| 2.5.2 Objetivos específicos..... | 6 |
| 2.5.3 SISTEMA DE TAREAS..... | 6 |
| 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 7 |
| 3.1 Sistema general de una máquina enfundadora de líquidos (PREPAC)..... | 10 |
| 3.1.1 Dosificado de la máquina enfundadora PREPAC | 11 |
| 3.1.2 Formado de la funda de la máquina enfundadora PREPAC..... | 11 |
| 3.1.3 Sellado Vertical de la máquina enfundadora PREPAC..... | 12 |
| 3.1.4 Arrastre de material de la máquina enfundadora PREPAC | 14 |

| | |
|---|----|
| 3.1.5 Sellado horizontal y corte de la funda de la máquina enfundadora PREPAC | 14 |
| 3.1.6 Diagrama de flujo del sistema general de la máquina enfundadora PREPAC | 15 |
| 3.2 Automatización industrial. | 15 |
| 3.2.1 Fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización..... | 16 |
| 3.2.2 ¿Qué es la pirámide de la automatización? | 16 |
| 3.2.3 Objetivos de la automatización industrial | 17 |
| 3.2.4 Tecnologías que interviene la automatización industrial..... | 18 |
| 3.2.5 Tecnologías de la automatización..... | 18 |
| 3.2.6 Componentes de la automatización | 18 |
| 3.2.7 Actuadores del sistema de control de la máquina enfundadora PREPAC | 19 |
| 3.2.8 Sensores de la máquina enfundadora PREPAC..... | 19 |
| 3.2.9 Tipos de Sensores | 19 |
| 3.2.10 Sensores de características PNP y NPN | 20 |
| 3.2.11 Controladores..... | 20 |
| 3.2.12 Controlador lógico programable..... | 21 |
| 3.2.13. Tipos de Controladores..... | 21 |
| 3.2.14. Señales y componentes analógicos y digitales | 22 |
| 3.2.15. Lenguaje de programación en PIC's..... | 23 |
| 3.2.16. Funciones de programación en un PLC con el tipo de lenguaje KOP..... | 23 |
| 3.2.17. Tipos de comunicación en PIC'S..... | 24 |
| 3.2.18. Estandarización de los sistemas de automatización | 26 |
| 3.2.18.1. Estudio del estándar IEC 61131 | 26 |
| 3.2.18.2. La norma IEC-61131 | 26 |
| 3.2.18.3. La finalidad de esta Norma IEC-61131 | 27 |
| 3.2.18.4. Ampliación del Estándar 61131-3 | 27 |
| 3.2.18.5. Norma RTE INEN 131 Aceros en máquinas envasadoras. | 28 |
| 4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS. | 29 |
| 4.1 Descripción del proyecto..... | 29 |
| 4.2 Declaración de Variables | 29 |
| 4.2.1 Variable independiente | 29 |
| 4.2.2 Variable dependiente..... | 30 |
| 4.3 Diagrama de metodología | 30 |

| | |
|--|----|
| 4.4. Valoración de los elementos eléctricos y mecánicos de la máquina enfundadora PREPAC sin automatización..... | 31 |
| 4.4.1 Valoración eléctrica de la máquina enfundadora PREPAC | 31 |
| 4.4.2 Valoración mecánica de la máquina enfundadora PREPAC..... | 34 |
| 4.5. Definición de objetivos de automatización | 35 |
| 4.5.1 Mejora de tiempos de producción de la máquina enfundadora PREPAC | 35 |
| 4.5.2 Seguridad y mejora del control de la máquina enfundadora PREPAC | 35 |
| 4.6 Datos técnicos de los equipos a usar en la intervención de la automatización de la máquina enfundadora de líquidos PREPAC | 35 |
| 1.6.1 Integración de los elementos eléctricos para la automatización en la máquina enfundadora PREPAC..... | 47 |
| 4.6.1.1. Conexión de los elementos eléctricos para automatizar la máquina enfundadora PREPAC | 47 |
| 4.6.1.2. Mantenimiento del tablero de control de la máquina enfundadora PREPAC | 48 |
| 4.6.1.3. Colocación de canaletas y soportes para los elementos eléctricos de la máquina enfundadora PREPAC | 48 |
| 4.6.1.4. Ubicación de los elementos eléctricos en el tablero de la máquina enfundadora PREPAC | 49 |
| 4.6.1.5. Cableado de los circuitos de la máquina enfundadora PREPAC..... | 49 |
| 4.6.1.6. Conexión de los elementos eléctricos para la automatización de la máquina enfundadora PREPAC | 50 |
| 4.6.2 Parametrización..... | 51 |
| 4.7 Diseño del sistema de automatización para la máquina enfundadora PREPAC..... | 52 |
| 4.7.1 Programación del sistema..... | 52 |
| 4.7.2 Escalamiento para el sellado vertical, horizontal y arrastre de la máquina enfundadora PREPAC..... | 54 |
| 4.7.2.1. Detalles del programa..... | 55 |
| 4.7.3. Programación por secciones del proceso de enfundado automático de la maquina enfundadora PREPAC..... | 56 |
| 4.7.4. Sección de encendido de la máquina enfundadora PREPAC | 56 |
| 4.7.5. Sección de Tiempos para el sellado de la maquina enfundadora PREPAC..... | 57 |
| 4.7.5.1. Sección de Tiempo de Sellado Vertical de la máquina enfundadora PREPAC ... | 57 |

| | |
|---|----|
| 4.7.5.2. Sección de Tiempo de Sellado Horizontal de la máquina enfundadora PREPAC | 58 |
| 4.7.5.3. Sección de Tiempo de arrastre del material de la máquina enfundadora PREPAC | 59 |
| 4.7.5.4. Sección de Tiempo del sensor de TACA para el centrado de la imagen de la máquina enfundadora PREPAC..... | 60 |
| 4.7.5.5. Condiciones de activación de las prensas de la máquina enfundadora PREPAC | 61 |
| 4.7.5.6. Tiempo de activación de las prensas de la maquina enfundadora PREPAC | 62 |
| 4.7.5.7. Tiempo de activación del arrastre del material de la máquina enfundadora PREPAC | 64 |
| 4.7.6. Sección sensor taca de la máquina enfundadora PREPAC | 66 |
| 4.7.7. Sección de reset de la máquina enfundadora PREPAC | 67 |
| 4.7.8. Sección Manual/Automático de la máquina enfundadora PREPAC | 68 |
| 5. ANÁLISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS..... | 69 |
| 5.1. Escalamiento de un punto de referencia interpretado con el potenciómetro..... | 69 |
| 5.2. Selección del contactor..... | 70 |
| 5.3. Selección de las protecciones principales. | 70 |
| 5.4. Selección del variador de frecuencia..... | 71 |
| 5.5. Selección del calibre del conductor para el TRAF0 1..... | 72 |
| 5.6. Selección del calibre del conductor para el TRAF0 2..... | 73 |
| 5.7. Selección del calibre del motor. | 74 |
| 5.8. Análisis de la calibración del sellado horizontal mediante una señal analógica..... | 74 |
| 5.9. Análisis de la calibración del sellado vertical mediante una señal analógica. | 75 |
| 5.10. Verificación de la mejora de tiempos de producción..... | 76 |
| 5.11. Presupuesto para la automatización de la máquina enfundadora PREPAC..... | 82 |
| 5.11.1 Rentabilidad de la propuesta tecnológica. | 84 |
| 5.11.2 Valor actual neto | 84 |
| 5.11.3 Tasa Interna de Retorno. | 85 |
| 5.11.4 Pay Back de la implementación de la automatización..... | 85 |
| 5.11.5 Relación beneficio costo..... | 85 |

| | |
|--|----|
| 5.12. Análisis económico..... | 85 |
| 5.13. Resultados del análisis económico..... | 88 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 89 |
| 6.1. Conclusiones..... | 89 |
| 6.2. Recomendaciones..... | 89 |
| 7. REFERENCIAS..... | 91 |
| 8. ANEXOS..... | 94 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 3.1. Etapas del proceso de enfundado. | 10 |
| Figura 3.2. Sistema de dosificado de la máquina enfundadora de líquidos prepac. | 11 |
| Figura 3.3. Molde de formación de la funda. | 11 |
| Figura 3.4. Aletas móviles encargadas de la formación de la funda. | 12 |
| Figura 3.5. Sistema de sellado vertical. | 13 |
| Figura 3.6. Prensa con la niquelina. | 13 |
| Figura 3.7. Sistema neumático para el sellado vertical. | 13 |
| Figura 3.8. Sistema de arrastre del material. | 14 |
| Figura 3.9. Diagrama de flujo de la máquina enfundadora. | 15 |
| Figura 3.10. Fases de la automatización industrial. | 16 |
| Figura 3.11. Pirámide de la automatización. | 17 |
| Figura 3.12. Elementos que conforman la automatización. | 19 |
| Figura 3.13. Estructura de un sensor tipo PNP y NPN de tres hilos. | 20 |
| Figura 3.14. Dato analógico vs Dato digital. | 22 |
| Figura 3.15. Estructura general de la máquina envasadora de líquidos PREPAC. | 28 |
| Figura 4.16. Esquema de la metodología. | 31 |
| Figura 4.17. Sistema eléctrico de la máquina PREPAC sin automatizar. | 32 |
| Figura 4.18. Pruebas de funcionamiento en los transformadores. | 33 |
| Figura 4.19. Conexión y pruebas del motor. | 33 |
| Figura 4.20. Estado mecánico de la máquina PREPAC sin mantenimiento. | 34 |

| | |
|---|----|
| Figura 4.21. PLC XINJE 16XD3-6RT-E..... | 37 |
| Figura 4.22. Contactor Allen-Bradley Ac-1 220V 5.5A | 38 |
| Figura 4.23. Módulo de expansión XD-4-AD-V-ED..... | 39 |
| Figura 4.24. Variador de frecuencia KINCO SERIE CV20..... | 39 |
| Figura 4.25. Electroválvulas 5/2..... | 40 |
| Figura 4.26. Fuente de alimentación 24V DC..... | 41 |
| Figura 4.27. Relés electromecánicos de 8 pines..... | 42 |
| Figura 4. 28.Sensor de TACA tipo reflexivo. | 42 |
| Figura 4.29. Relés de estado sólido SSR-40DA..... | 43 |
| Figura 4.30. Transformador de núcleo laminado. | 44 |
| Figura 4.31. Motorreductor de 0.35 HP. | 45 |
| Figura 4.32 Tablero de control realizado el mantenimiento..... | 48 |
| Figura 4.33. Colocación de canaletas y riel din en nuestro tablero de distribución. | 48 |
| Figura 4.34.Incorporación de los elementos eléctricos. | 49 |
| Figura 4.35. Cableado de los elementos eléctricos para la automatización de la máquina PREPAC..... | 50 |
| Figura 4.36. Conexión de cada elemento del tablero designado para la automatización. | 50 |
| Figura 4.37. Placa de datos del motor. | 51 |
| Figura 4.38. Inicio de la programación en el software XINJE PLC PROGRAM TOOL. | 53 |
| Figura 4.39. Utilización de la interfaz. | 53 |
| Figura 4.40. Gráfica de escalamiento del módulo de expansión. | 54 |
| Figura 4.41. Programación-Sección de Encendido. | 57 |

| | |
|---|----|
| Figura 4.42. Programación del tiempo de sellado vertical. | 58 |
| Figura 4.43. Programación de la sección de sellado horizontal. | 59 |
| Figura 4.44. Programación del tiempo de arrastre de la lámina. | 60 |
| Figura 4.45. Programación del tiempo del sensor de TACA para el centrado de la imagen.... | 61 |
| Figura 4.46. Condiciones de activación para las prensas. | 62 |
| Figura 4.47. Tiempos de activación de las prensas. | 63 |
| Figura 4.48. Sección de Arrastre del material. | 65 |
| Figura 4.49. Sección de taca. | 67 |
| Figura 4.50. Sección reset. | 68 |
| Figura 4.51. Sección manual/automático de la máquina PREPAC. | 68 |
| Figura 5.52. Escalamiento con un punto de referencia. | 69 |
| Figura 5.53. Torque vs velocidad angular del motor. | 72 |
| Figura 5.54. Gráfica de la calibración del sellado horizontal. | 75 |
| Figura 5.55. Prueba de consumo en amperios de la prensa horizontal. | 75 |
| Figura 5.56. Grafica de la calibración del sellado vertical. | 76 |
| Figura 5.57. Prueba de consumo en amperios de la prensa vertical. | 76 |
| Figura 5.58. Toma de tiempos de enfundado. | 77 |
| Figura 5.59. Gráfica de la producción de la máquina enfundadora sin automatizar. | 80 |
| Figura 5. 60. Gráfica de la producción en litros por minuto de la máquina automatizada. | 80 |
| Figura 5.61. Gráfica de la producción en litros por segundo en la máquina sin automatizar. . | 81 |
| Figura 5. 62. Gráfica de la producción en litros por segundo de la máquina automatizada. | 81 |

| | |
|---|----|
| Figura 5.63. Gráfica de la comparación de la producción en 8 horas laborables..... | 82 |
| Figura 5.64. Datos de placa de la productividad de la máquina sin automatizar. | 84 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1. Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO. | 2 |
| Tabla 2.1. Beneficiarios del trabajo de investigación..... | 5 |
| Tabla 2.2. Objetivos y tareas a realizar. | 6 |
| Tabla 3.1. Tipos de controladores. | 21 |
| Tabla 3.2. Funciones elementales en el lenguaje KOP..... | 24 |
| Tabla 4.1. Variables independientes..... | 29 |
| Tabla 4.2. Variable dependiente. | 30 |
| Tabla 4.3. Comparativa de PLCs para la automatización de la máquina enfundadora PREPAC | 36 |
| Tabla 4.4. Calificación y selección del PLC a usar en la automatización. | 36 |
| Tabla 4.5. Datos técnicos del PLC. | 38 |
| Tabla 4.6. Datos técnicos contactor utilizado..... | 38 |
| Tabla 4.7. Datos técnicos del módulo de expansión XD-4AD-V-ED..... | 39 |
| Tabla 4.8. Datos técnicos del variador KINCO serie CV20..... | 40 |
| Tabla 4.9. Especificación de las electroválvulas 5/2. | 41 |
| Tabla 4.10. Descripción de la fuente de alimentación..... | 41 |
| Tabla 4.11. Características principales de los relés. | 42 |
| Tabla 4.12. Especificaciones técnicas del sensor de taca. | 43 |
| Tabla 4.13. Características de los relés de estado sólido..... | 44 |
| Tabla 4.14. Características de los transformadores. | 44 |

| | |
|---|----|
| Tabla 4.15. Características del motor y reductor..... | 47 |
| Tabla 4.16. Botones y función del panel de control del variador..... | 52 |
| Tabla 4.17. Códigos de parametrización del variador según los datos del motor. | 52 |
| Tabla 4.18. Tabla de asignación de variables de entradas y salidas del PLC..... | 54 |
| Tabla 5.1. Tabla comparativa de la máquina enfundadora PREPAC sin automatizar vs máquina enfundadora PREPAC automatizada. | 79 |
| Tabla 5.2. Cantidad de bienes y presupuesto total para la propuesta tecnológica..... | 82 |
| Tabla 5.3. Datos de precios de la máquina vs máquina automatizada. | 84 |
| Tabla 5.4. Cálculo del Valor actual neto. | 87 |

1. INFORMACIÓN GENERAL

Tema del proyecto:

Automatización de una máquina enfundadora de líquidos en la empresa SELQUI, cantón Latacunga.

Modalidad de titulación:

Propuestas Tecnológicas

Proyectos de Investigación

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto:

Innovación Tecnológica

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación:

Estudiantes.

Guanochanga Balseca Jhon Alexander

Quinatoa Casa Edgar Mauricio

Tutor:

Ing. MSc. Pacheco Mena Carlos Francisco

Área de Conocimientos:

Tabla 1.1. Campos de la Ciencia y Tecnología UNESCO.

| | | |
|--|--|---------------------------------|
| 3311.01 Tecnología de la automatización | 3311.02 Ingeniería de control | 3311.06 Instrumentos eléctricos |
| | | 33310.05 Ingeniería de procesos |
| | | 3310.03 Procesos industriales |

<https://skos.um.es/unesco6/3306/html>

Línea de investigación:

Tecnología de la información y las comunicaciones, robótica, automatización y optimización de sistemas.

Los proyectos de investigación que se enmarquen en esta línea tendrán como objetivos desarrollar tecnologías y herramientas informáticas de apoyo a la incorporación de planes y programas de desarrollo, utilizando las Tics en la optimización y organización de procesos para la creación de sistemas informáticos y de control, así como la introducción de la inteligencia de negocios, la inteligencia artificial y la física - matemática aplicada a la modelación y simulación de sistemas.

Energías alternativas y renovables eficiencia energética y protección ambiental

Esta línea de investigación abarca tres grandes ejes para su accionar investigativo, que están en correspondencia con los objetivos nacionales e internacionales de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en esta área. Se integran todas aquellas investigaciones que busquen promover el aprovechamiento de las energías alternativas y renovables, fomentar y promocionar el uso eficiente de la energía (Eficiencia Energética) en los diferentes sectores (Industrial, Comercial, Residencial, Transporte y Agrícola), y reducir el impacto medioambiental provocado por la utilización de la energía en el sector productivo, la contaminación del aire, agua y el ruido.

Sublíneas de investigación de la Carrera:

INGENIERIA ELECTROMECHANICA:

- Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.
- Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.
- Energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

2. INTRODUCCIÓN

La propuesta tecnológica se desarrollará en la automatización de un sistema de enfundado de líquidos el mismo que se encuentra obsoleto por no alcanzar los estándares de producción siendo lo más importante mencionar como problemática es los tiempos de trabajo prolongando y si tener rentabilidad en el producto final, aplicando las estrategias de control eléctrico industrial se pretende conseguir una mejora en el proceso de enfundando con la intervención de un módulo lógico. Para esto como primer paso se determinó el estado inicial de cada uno de los componentes eléctricos que interactúan en el proceso de enfundando de este tipo de máquinas con ello verificamos cada elemento por medio de pruebas eléctricas de funcionamiento. Con ello se decidió renovar todo el sistema eléctrico y adquirir nuevos equipos adecuados para dar cumplimiento al proceso de enfundado. Se reconoció que el 90% de los elementos eléctricos debían ser remplazados. Con esto realizará el desarrollo de la automatización del proceso de enfundado de líquidos con la ayuda de un PLC XINJE XD3-16RT-E el cual ayuda al operario a modificar pasos en la operatividad de la maquinaria. Todo este proceso implicara la implementación de los aspectos adquiridos en base a las necesidades de la industria alimenticia los cuales son los principales beneficiaros al desarrollar este tipo de proyectos de ingeniería [1].

La implementación de este tipo de automatización industrial en los procesos de trabajo alimenticios tiene un alcance en lo que respecta a la mejora de tiempos de producción y con esto la importancia de lograr un producto final rápido, de calidad y que vaya con la vanguardia de recuperar lo invertido en el proceso de enfundado de líquidos.

2.1 Situación problemática.

Con el avance de la tecnología con respecto a la automatización industrial ciertas máquinas quedan obsoletas las cuales carecen de equipos de programación siendo esto un claro ejemplo de la máquina enfundadora de líquidos en estudio la cual se encuentra fuera de operación en la empresa SELQUI por generar pérdidas de tiempos en el desarrollo del trabajo y espacio de elementos que interactúan en la maquinaria y con ello en la producción.

El que no cuente con un sistema automatizado hace que este tipo de máquina se encuentre separadas de la producción ya que el operario es el encargado de realizar cada maniobra de trabajo, lo que presenta errores frecuentes en el sellado y dosificado del producto.

La siguiente propuesta tecnológica la presentamos con la necesidad de que esta máquina que se encarga del enfundado de líquidos cuente con un sistema de control automático para que regrese a ser parte de la producción con tiempos mejorados y calibraciones fáciles de interpretar.

2.2 Formulación del problema.

La máquina enfundadora de líquidos se encuentra obsoleta y fuera de operación debido a estas condiciones no es posible realizar mediciones reales de producción, y con esto se constata el problema de no poseer un sistema automatizado de control del enfundado, según la información técnica de la placa su capacidad de enfundado es de 100L/h el cual se considera un valor bajo si se toma en cuenta la cantidad de operaciones que realiza durante el enfundado.

2.3 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.

2.3.1 Objeto de investigación.

Máquina enfundadora de líquidos.

2.3.2 Campo de Acción.

3311.02 Ingeniería de control

2.3 BENEFICIARIOS.

Tabla 2. 1. Beneficiarios del trabajo de investigación.

| TABLA DE BENEFICIARIOS |
|--|
| DIRECTOS: Empresa SELQUI. |
| INDIRECTOS: Consumidores finales. |

2.4 JUSTIFICACIÓN

La optimización del proceso automático en una máquina enfundadora de líquidos en la empresa SELQUI es esencial para incorporarla nuevamente en la producción. Mediante mejoras en el sistema eléctrico y con ello la reducción de errores y la optimización de la sincronización de movimientos que incrementen la durabilidad y precisión de la maquinaria.

En el ámbito de la automatización la implementación de controles automatizados, como lo es el PLC XINJE XD3-16RT-E el cual permitirá el control de los procesos que están incluidos dentro de la máquina enfundadora de líquidos. Además, una mayor eficiencia en el uso de recursos que contribuyen a la sostenibilidad y al cumplimiento de normativas industriales. Se tiene como objetivo reducir tiempos de producción, costos de mantenimiento y desperdicios asegurando un proceso más confiable y competitivo. En consecuencia, la inversión en mejoras tecnológicas garantiza un retorno favorable y una operación más eficiente.

Esta intervención tecnológica responde a la necesidad de modernizar este tipo de procesos industriales y del desarrollo productivo del país.

La motivación de incorporarnos como futuros ingenieros del país al campo de la automatización que controlan procesos reales de trabajo y con esto ayudar al crecimiento de las diferentes líneas de producción que van en desarrollo junto a las nuevas tecnologías de vanguardia que se incorporan en la industria ecuatoriana.

2.5. OBJETIVOS

2.5.1 Objetivo general.

Implementar un sistema automático en una máquina enfundadora de líquidos para la mejora de tiempos de producción mediante un autómata programable y el uso de equipos electromecánicos que completen el proceso de enfundado.

2.5.2 Objetivos específicos.

- Indagar la funcionalidad de la máquina con la búsqueda de información para reconocer el proceso con el que trabaja la misma.
- Desarrollar un control automático que será incorporado en el trabajo de enfundando mediante software de automatización, lenguajes de programación para la mejora del proceso.
- Implementar el control automático mediante un PLC XINJE XD3-16RT-E para la operación de enfundado.
- Realizar pruebas de operación con la toma de tiempos y recaudación de datos dentro de la producción para la verificación del funcionamiento.

2.5.3 SISTEMA DE TAREAS.

Tabla 2. 2. Objetivos y tareas a realizar.

| Objetivos específicos | Actividades (tareas) | Resultados esperados | Técnicas, Medios e Instrumentos |
|--|---|---|---------------------------------|
| Indagar la funcionalidad de la máquina con la búsqueda de información para reconocer el proceso con el que trabaja la misma. | Obtención de información de la máquina por su origen de fabricación | Poseer información verídica del trabajo de la maquinaria. | Páginas Web. |
| | Investigación que presenten este tipo de sistemas de enfundado | Conocer la operatividad de una máquina enfundadora de líquidos. | Libros, Tesis, Artículos. |

| | | | |
|--|---|--|----------------------------------|
| Desarrollar un control automático que será incorporado en el trabajo de enfundando mediante softwar de automatización, lenguajes de programación para la mejora del proceso. | Programación del sistema automático de trabajo de la máquina. | Contar con el lenguaje de programación | XINJE-PLC Program Toll |
| | Utilización de un software eléctrico para el bosquejo del control eléctrico. | Tener planos eléctricos del sistema de enfundado. | Auto-CAD CADE_SIMU |
| Implementar el control automático mediante un PLC XINJE XD3-16RT-E para la operación de enfundado. | Comunicación y compilación del programa dentro del software de especificaciones del PLC | Poseer la programación de trabajo dentro del PLC físico. | PLC XINJE XD3-16RT-E |
| | Comprobación el trabajo de dicha programación para el trabajo de enfundado automático. | Análisis rápido de la funcionalidad | Simulación dentro del software. |
| Realizar pruebas de operación con la toma de tiempos y recaudación de datos dentro de la producción para la verificación del funcionamiento. | Medición de tiempos de producción con el funcionamiento automatizado. | Conocer la mejora del rendimiento de trabajo | Conteo de Unidades Cronómetro |
| | Comprobación de la eficiencia del producto final. | Producto de calidad. | Pruebas de sellado |

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

ANTECEDENTES. En este apartado detallamos trabajos de investigación con el objetivo de comparar nuestra propuesta tecnológica y con ello justificar el presente proyecto.

Calero Riera Marjori Yadira Salazar Tixilema Cristian Javier en su trabajo de titulación **“OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE ENVASES PLÁSTICOS EN LA EMPRESA**

SELQUI” de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga – Ecuador. En su investigación para poderse titular indican como objetivo la repotenciación de una máquina comprobadora de fugas en la empresa SELQUI para mejorar el trabajo de poseer envases que no posean fugas y puedan entrar en la producción.

El presente trabajo de investigación que citamos tiene como objetivo mejorar el sistema de control de envases plásticos en la empresa antes mencionada, la cual se dedicada a modificar máquinas e incorporarlas en diferentes empresas de la ciudad. A lo largo del estudio se identificaron diversas falencias en el seguimiento, almacenamiento y registro de los envases, lo cual generaba pérdidas económicas, ineficiencias logísticas y falta de trazabilidad en los procesos ya que este trabajo se desarrolla por estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial

Con un trabajo se reconoció la situación actual y la aplicación de propuestas de desarrollo para lo que son envases ya que algunos de ellos las fugas no son observadas por que son microscópicas, entonces se propusieron estrategias para optimizar el trabajo de reconocimiento. Entre las acciones incorporadas al ingresar aire al envase se determina la baja presión que posee el mismo y con ello la digitalización de la comprobación. Los resultados obtenidos demostraron una notable mejora en el control del envase, reducción de pérdidas y una mayor eficiencia operativa. De esta forma la optimización propuesta no solo benefició a la empresa en términos económicos, sino que también fortaleció su capacidad de respuesta ante la demanda del mercado. [2].

Cadena Román Carlos Ramiro en su trabajo de titulación **“OPTIMIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN UNA MÁQUINA ENVASADORA DE LECHE EN LA EMPRESA MOLIDES S.A. UBICADA EN LA PANAMERICANA NORTE KILÓMETRO 4, SECTOR LOS SAUCES, PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA”**. de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga – Ecuador. Tiene como relevancia general automatizar y buscar una mejora en las máquinas enfundadoras de leche de la marca PREPAC y con esto mejorar el consumo eléctrico.

La investigación detalla los pasos para la automatización comenzando por la selección de los

componentes para el nuevo sistema automatizado. Se reemplazaron antiguos controles electrónicos y relés por el PLC además de permitir un manejo más eficiente de los equipos eliminó la utilización de algunos componentes como transformadores y focos de iluminación que no eran necesarios lo que a su vez ayudo a reducir el consumo de electricidad. Además, se incorporaron sensores ópticos y variadores de frecuencia que al momento de optimizar la velocidad y el funcionamiento de los motores y otros componentes también ayudaron a en la reducción del consumo eléctrico. Los resultados obtenidos mostraron una disminución en el uso de energía lo que no solo se tradujo en un ahorro económico para la empresa, sino que también permitió mejorar los procesos productivos. Se concluye que la implementación de un sistema automatizado no solo ayuda a reducir el consumo eléctrico, sino que también aumenta la eficiencia en la productividad [3].

Paúl Cesar Bunce Sangoluiza en su trabajo de titulación **“AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DEL LLENADO DE LA TOLVA DE AFRECHO EN CERVECERIA NACIONAL QUITO”** de la Universidad Tecnológica Israel Quito – Ecuador.

El presente proyecto se refiere al diseño y la implementación de un sistema automatizado con el que se controlara el llenado de la tolva de afrecho en la planta de Cervecería Nacional ubicada en Quito. Este tipo de proyecto surge ante la necesidad de acortar el tiempo de recolección y almacenamiento de este tipo de producto cuya utilización manual presentaba limitaciones operativas como derrames tiempos muertos y falta de precisión en el llenado. A través de un sistema técnico e industrial se implementaron sensores de nivel actuadores electromecánicos y un controlador lógico programable (PLC) lo cual permitió automatizar la detección del nivel de afrecho y la regulación del flujo del producto que ingresa a la tolva. La implementación del sistema usa el desarrollo de una interfaz de HMI para monitoreo y control local. Se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento con las cuales se validó el funcionamiento del sistema en la que se observó la mejoras en la eficiencia, así como la seguridad operativa y la reducción de la intervención humana. Los resultados que se obtuvieron con la automatización de este proceso contribuyen a la mejorar la continuidad de producción y el aprovechar el recurso dentro de la planta [4].

3.1 Sistema general de una máquina enfundadora de líquidos (PREPAC).

Este tipo de máquinas PREPAC ver Figura 3.1 tienen procedencia francesa ideales para la producción del envasado de líquidos no inflamables de fácil fluidez en bolsas de tipo plásticas comúnmente de Acero AISI 304. Trabaja mediante un motor eléctrico y un variador de frecuencia cuyo movimiento constante es direccionado hacia un árbol de levas el cual realiza el trabajo de accionar finales de carrera para dar seguimiento a los actuadores neumáticos, su diseño va acompañado por sistema de mordazas de soldado para líquidos y un dosificador por gravedad acompañado de un cilindro de actuación neumática. Para una explicación que se comprenda mejor la máquina fue detallada en 5 etapas denominadas [5].

- A. Dosificado
- B. Formado de la funda
- C. Sellado vertical
- D. Arrastre de Material
- E. Sellado horizontal y corte de la funda

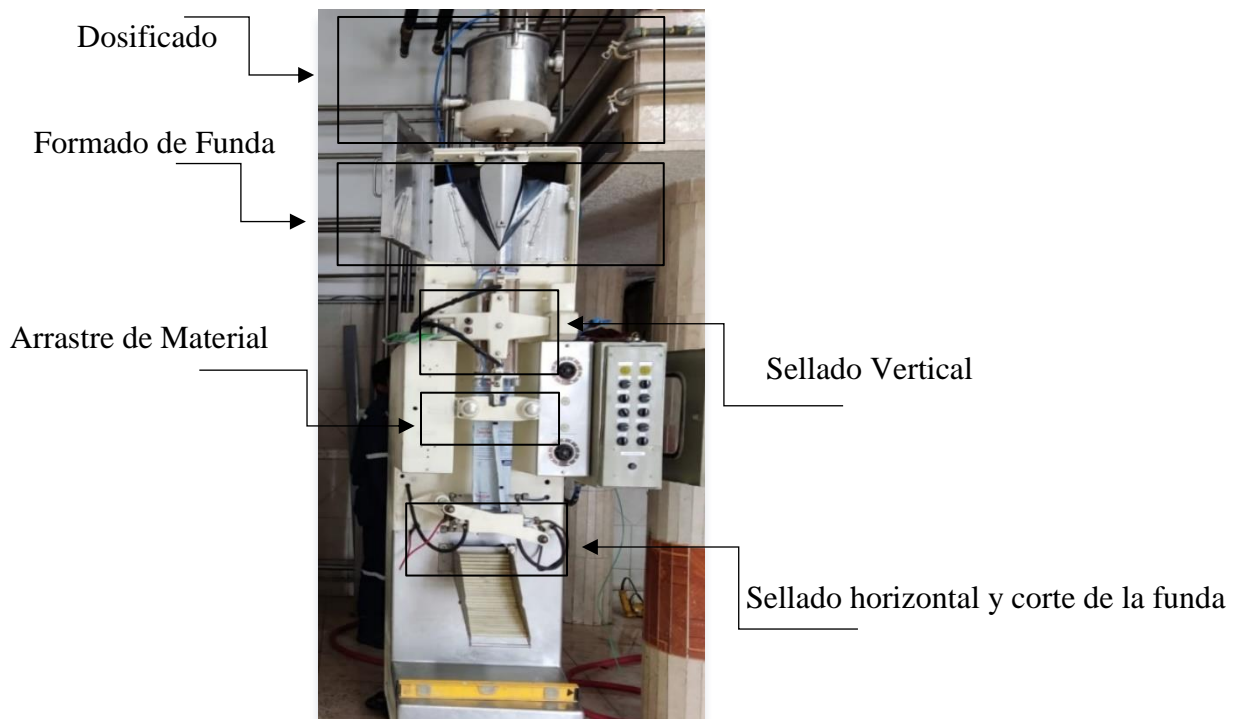


Figura 3.1. Etapas del proceso de enfundado.

3.1.1 Dosificado de la máquina enfundadora PREPAC

En este proceso se realiza mediante un cilindro neumático de simple efecto como se muestra en la Figura 3.2 este mecanismo se encuentra en la parte superior de la máquina de envasado. Este tipo de sistemas se los denomina dosificación por gravedad, se produce con el producto a una altura promedio para que el fluido a dosificar sea constante [5].



Figura 3.2. Sistema de dosificado de la máquina enfundadora de líquidos prepac.

3.1.2 Formado de la funda de la máquina enfundadora PREPAC.

En el molde de formación de la funda ver Figura 3.3 a ser dosificada la lámina se traslada desde la parte posterior de la máquina y es formado de tal manera que líquido a dosificar caiga sobre ella.



Figura 3.3. Molde de formación de la funda.



Figura 3.4. Aletas móviles encargadas de la formación de la funda.

Para dar forma al material plástico existe un molde como se muestra en la Figura 3.3 que está conformado por acero inoxidable dando esto características de higiene a la máquina enfundadora al tener contacto con el fluido a envasar. Al tener incorporado dos aletas móviles ver Figura 3.4 este tipo de formador de funda hace que la lámina del rollo de plástico en su primera instancia pase por ella y se conforme una cavidad hueca por donde pasara el fluido a dosificar.

3.1.3 Sellado Vertical de la máquina enfundadora PREPAC.

En el sellado vertical el cual se sitúa al frente de la máquina ver Figura 3.6 el mismo que es accionado por un cilindro neumático de simple efecto como se muestra en la Figura 3.7 durante todo el proceso de enfundado, este tipo de sellado tiene una prensa que posee una cavidad donde se encuentra una niquelina como se muestra en la Figura 3.5 para el sellado de la lámina plástica ya formada la misma que trabaja con temperatura.

Con la ayuda del volumen y peso de dicha prensa el sellado es bastante compacto al sufrir contacto con la temperatura de la niquelina la prensa debe estar siempre en refrigeración tiene entradas por donde ingresa el líquido de refrigeración para evitar deformación con el constante uso del sellado vertical para la máquina enfundadora de líquidos la cual debe trabajar por largos

tiempos donde la producción supere los estándares económicos que requieran cada una de las empresas donde exista este tipo de máquinas.

Entradas del líquido de refrigeración a la prensa.



Figura 3.5. Sistema de sellado vertical.



Figura 3.6. Prensa con la niquelina.

En la Figura 3.7 se muestra el sistema neumático para el sellado vertical que interviene dentro del proceso de enfundado de este tipo de máquinas de la marca PREPAC la cual posee un cilindro de simple efecto con retorno por un resorte incorporado en la parte frontal de la estructura del sellado el cual posee una cavidad donde se encuentra el resorte.



Figura 3.7. Sistema neumático para el sellado vertical.

3.1.4 Arrastre de material de la máquina enfundadora PREPAC

El sistema que permite realizar el arrastre y el formado de la manga plástica que posee un motor-reductor, rodillos de caucho el cual está ubicado en la parte frontal de la máquina enfundadora este tipo de sistemas son los encargados de transferir la energía mecánica a través de su eje el cual está conectado por un mecanismo de transmisión de movimiento radial a los rodillos de arrastre ver Figura 3.8.

El motor reductor está conectado a un variador de frecuencia para poseer una velocidad constante y poderla variar cuando se requiera.

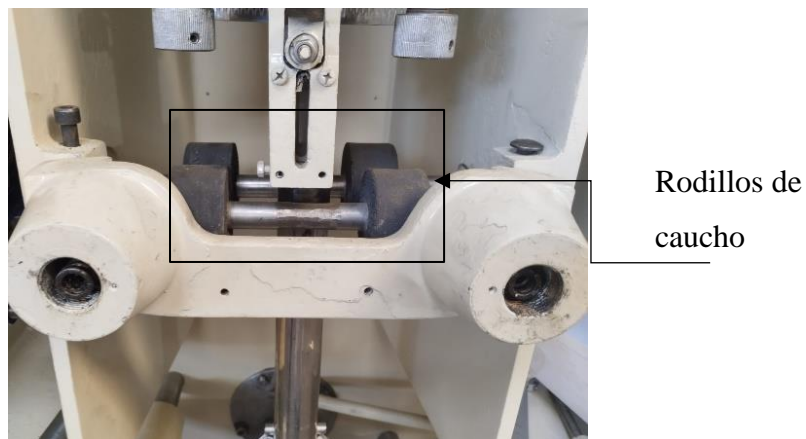


Figura 3.8. Sistema de arrastre del material.

3.1.5 Sellado horizontal y corte de la funda de la máquina enfundadora PREPAC

En esta sección del proceso, el sistema de sellado horizontal opera bajo los mismos principios técnicos que el sellado vertical, garantizando una unión hermética y segura de los materiales que conforman la funda. No obstante, al tratarse de la etapa final dentro del ciclo de envasado, este sistema también incorpora un mecanismo de corte que permite dividir la funda continua en unidades individuales. Este corte se realiza con alta precisión para asegurar la uniformidad en las dimensiones y presentaciones finales del producto. Dicha funcionalidad es esencial en las máquinas enfundadoras de líquidos de la marca PREPAC, ya que estas están diseñadas para ofrecer múltiples formatos de presentación, adaptándose a las necesidades específicas del

mercado o del cliente. Esta eficiencia y versatilidad hacen de las máquinas PREPAC una solución ideal para líneas de producción automatizadas que requieren alta productividad sin comprometer la calidad del envasado.

3.1.6 Diagrama de flujo del sistema general de la máquina enfundadora PREPAC



Figura 3.9. Diagrama de flujo de la máquina enfundadora.

3.2 Automatización industrial.

La Automatización industrial presenta ciertas escalas de automatización industrial en las diferentes líneas de producción que se encuentran en los lugares de procesos productivos, con ello el control lógico programable siempre va a estar incorporado en todos los procesos industriales que podamos observar porque con ello garantizamos la reducción de errores humanos y errores en la producción de las distintas máquinas que realizan operaciones de producción[6].

3.2.1 Fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización.

En el siguiente grafico ver Figura 3.10 describimos operaciones que se deben tomar en cuenta para poseer un proyecto de automatización entonces en ello intervienen la etapa de automatización, supervisión, interacción, implementación y pruebas [7].

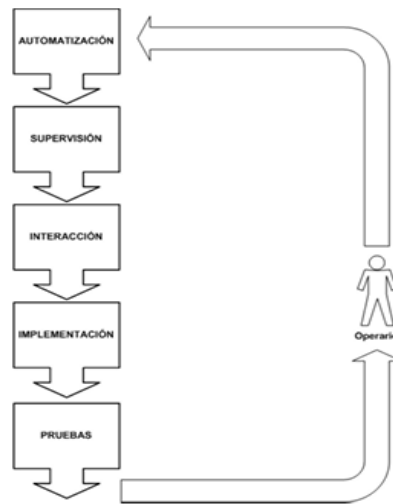


Figura 3.10. Fases de la automatización industrial. [7]

3.2.2 ¿Qué es la pirámide de la automatización?

La pirámide de automatización nos presenta una estructura la cual organiza y une los distintos niveles que intervienen en el sistema productivo. Su objetivo principal es facilitar la comunicación entre las áreas que se encuentran en operación, control, supervisión y gestión combinando cada una de las tecnologías, procesos y personas dentro de un sistema estructurado. Este sistema lo que realiza es el permitir a las empresas mejorar la eficiencia operativa fortalecer el control de procesos y elegir decisiones en las cuales se basa en información precisa.

Desde la base la pirámide obtiene los datos directamente de los dispositivos que se encuentran en proceso como son los actuadores y sensores para luego procesarlos y usarlos en niveles donde se realizan tareas de control monitoreo y planificación. En el punto más alto de la pirámide encontramos la toma de decisiones estratégicas las que se encuentran orientadas a mejorar el tiempo de la producción mediante análisis de información y mejora continua [8].

Esta estructura está dividida en diferentes niveles ver Figura 3.11 en las que se ordenan las de menor a mayor jerarquía:

- Niveles de entrada/salida
- Niveles de proceso o campo
- Niveles de control
- Niveles de planificación
- Niveles de gestión o dirección

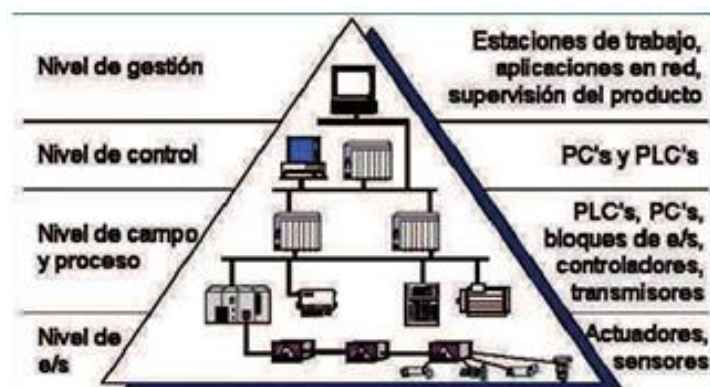


Figura 3.11. Pirámide de la automatización. [8]

3.2.3 Objetivos de la automatización industrial

Describimos los aspectos de la automatización en procesos de producción son:

- Acortar la intervención humana
- Reducir tiempos de trabajo
- Un rendimiento mayor
- Eliminar elementos obsoletos
- Productos de calidad
- Aumento de producción
- Regimiento de normas

3.2.4 Tecnologías que interviene la automatización industrial

- Control eléctrico
- Sistemas Neumaticos-Hidraulicos
- Sistemas Mecánicos
- Automatización
- Las interfaces
- Los softwares de programación

3.2.5 Tecnologías de la automatización

La automatización es la unión de diferentes tecnológicas para los procesos tecnológicos que van de la mano en la industria para intervenir en los procesos de producción o la prestación de algún servicio que lo requiera estas son [9].

- Neumática: Cambios lineales y rápidos
- Hidráulica: Procesos de alta potencia
- Mecánica: Reductores de velocidad
- Electricidad: Protecciones y configuraciones industriales
- Electrónica: Comunicación
- Híbridas: Uno o más sistemas antes referidos

3.2.6 Componentes de la automatización

Los componentes que intervienen en la automatización o en un proceso automático se puede interpretar como la secuencia y direccionadas según sus componentes ver Figura 3.12. Los mismos que son importantes en un ciclo de línea industrial automática, cada uno de ellos tiene un valor significativo dentro de la automatización, desarrollando cada uno de ellos como el trabajo independiente para poder llegar a un objetivo de trabajo en comunicación serial.



Figura 3.12. Elementos que conforman la automatización.[9]

3.2.7 Actuadores del sistema de control de la máquina enfundadora PREPAC

- Sellado vertical- horizontal
- Velocidad para el arrastre de la lámina plástica
- Calibración de medidas
- Servos sistemas

3.2.8 Sensores de la máquina enfundadora PREPAC

Sensores fotoeléctricos denominados TACA para el centrado de la imagen.

3.2.9 Tipos de Sensores

- Analógicos: potenciómetros de variabilidad de voltajes o corrientes
- Sensores de presencia
- Sensores inductivos
- Sensores capacitivos
- Dispositivos electrónicos de temperatura
- Digitales: en pulsos de 0 y 1
- Finales de carrera
- Efecto fotoeléctrico presencia (1bit), posición (n bits)

3.2.10 Sensores de características PNP y NPN

Las principales características de estos dos tipos de sensores radican en su tipo de salida. La diferencia fundamental entre ambos reside en la polaridad de la señal: en el primer caso, la señal de salida es positiva, mientras que en el segundo caso es negativa. Esta distinción resulta especialmente relevante en aplicaciones donde se requiere compatibilidad con determinados sistemas de control o dispositivos de entrada.

Para facilitar la comprensión de este concepto, en la Figura 3.13 se ilustra un ejemplo aplicado a un sensor de tres hilos, donde se puede observar con claridad la forma en que varía la señal en función del tipo de sensor utilizado [10].

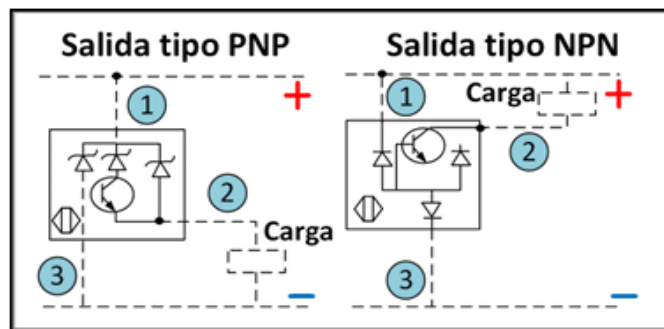


Figura 3.13. Estructura de un sensor tipo PNP y NPN de tres hilos.[10]

3.2.11 Controladores

Un controlador es el encargado de interpretar una entrada procesarla y darle una dirección de salida.

- Señales de entrada: Digitales, Analógicas
- Señales de salida: Relés, Transistores
- Temporizadores
- Recolección de datos
- Escalamiento

3.2.12 Controlador lógico programable.

Los controladores lógicos programables, comúnmente conocidos como PLC (por sus siglas en inglés (Programmable Logic Controller), son dispositivos esenciales en los sistemas de automatización industrial. Su uso se ha vuelto indispensable en líneas de producción modernas debido a su capacidad para supervisar, controlar y coordinar diversos procesos de forma eficiente. Estos equipos están diseñados para ser altamente versátiles y fiables en entornos industriales exigentes. Cada PLC opera a través de un software específico desarrollado por su fabricante, el cual permite a los programadores diseñar, configurar y modificar rutinas de control según los requerimientos de cada aplicación. Dicho software incorpora un conjunto amplio de librerías, herramientas y bloques de funciones que facilitan la programación de operaciones como la temporización, la activación secuencial de actuadores[11].

3.2.13. Tipos de Controladores.

Tabla 3. 1. Tipos de controladores.

| TIPO DE CONTROLADOR | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| Controladores lógicos programables (PLCs) | Este tipo de controlador realiza actividades de control lógico mediante microprocesadores internos. |
| Microcontroladores | Los micro controladores están compuestos en un solo chip de un procesador |
| Tipo PID | Usan el algoritmo proporcional-integral-derivativo para calibrar una variable de entrada en un proceso de recolección de datos. |
| Tipo (DCS) | Estos controladores básicamente su operación se basa en un sistema de control distribuido. |
| Basados en inteligencia artificial | La utilización de la inteligencia artificial para el control de ciertos procesos industriales. |

3.2.14. Señales y componentes analógicos y digitales

- Analógicas: Interpretan valores con una variabilidad en el tiempo como es en el caso del control de temperatura mediante un PID.
- Digitales: Estos datos considerados como 0 o 1 para la determinación de la entrada a un controlador. Ver Figura 3.14.

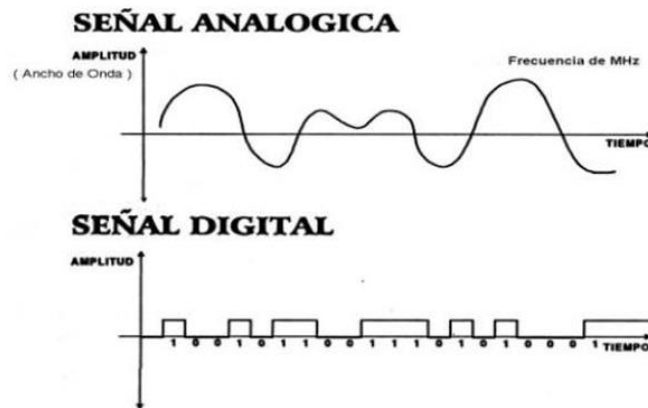


Figura 3.14. Dato analógico vs Dato digital. [12]

Dispositivos analógicos

- Potenciómetros
- HMI
- Amplificadores de señal

Elementos digitales

- Sensores de proximidad
- Selectores, pulsadores, paros de emergencia
- Finales de carrera
- Contactores[12].

3.2.15. Lenguaje de programación en PLC's

En este apartado describimos los lenguajes utilizados para programar sistemas de automatización los cuales varían según el tipo origen y marca del controlador empleado. Para trabajar con un PLC (Controlador Lógico Programable), normalmente se utilizan dos lenguajes que vamos a describir:

- Lenguaje FUP (Funktionsplan)

Este tipo de lenguaje conocido también como diagrama funcional, se basa en la representación de funciones mediante bloques, principalmente compuertas lógicas como AND, OR, NOT, XOR y algunas más que necesitan ser descritas con detalle gracias a su diseño gráfico permite estructurar la lógica del sistema en bloques claramente diferenciados cada uno con una función específica. Es especialmente apropiado para automatizar procesos secuenciales o sistemas que requieren lógica combinatorial en entornos industriales.

- Lenguaje KOP (Kontaktplan)

También llamado lenguaje de escalera representa gráficamente la lógica de control usando símbolos similares a los que se encuentran en esquemas eléctricos tradicionales. Es considerado uno de los lenguajes más accesibles para programar PLCs, ya que su estructura visual facilita la interpretación, incluso para personas con conocimientos en electricidad, pero no necesariamente en programación. Por ello, es ampliamente adoptado en múltiples sectores industriales.

3.2.16. Funciones de programación en un PLC con el tipo de lenguaje KOP.

El lenguaje escalera utiliza las funciones como bobinas contactos normalmente abiertos y cerrados para ser interpretados un lenguaje de programación. A continuación, mencionamos los elementos primordiales para usarlos en la programación de PLCs.



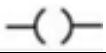
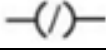
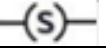
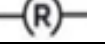
Temporizadores: Estos elementos son considerados como retardo a la conexión y desconexión utilizados esencialmente para la activación y cierre de una variable de tiempo.

Contadores: En el lenguaje escalera o bien llamado Ladder los contadores que intervienen en cualquier programación son de tipo ascendentes y descendentes.

Comparadores: Estos elementos son utilizados para poder comparar dos señales de entrada y proceden a dar una salida dispuesta por el programador esta misma salida puede llevarse a una memoria la cual dará lugar a otra línea de programación.

En la Tabla 3.2 mencionamos algunas de las funciones básicas que podemos encontrar al trabajar con este tipo de lenguaje de programación dentro de un autómatas programable [13].

Tabla 3.2. Funciones elementales en el lenguaje KOP.

| Símbolo | Nombre | Característica |
|---|--|--|
|  | Contacto normalmente abierto | La función que cumple es como la consideramos en un pulsador abierto. |
|  | Contacto normalmente cerrado | Representado por lo general por un paro de emergencia. |
|  | Bobina principal | Controlar las salidas de un controlador para ser efectuadas en los actuadores. |
|  | Una bobina cerrada | Interpretadas como la acción de una bobina desenergizada en el momento del proceso. |
|  | Tipo de bobina para set | Esta interactúa si la señal que proviene del reset es un uno lógico. |
|  | Tipo de bobina para resetear una secuencia | Permite resetear una secuencia dentro de la programación y devolverla al inicio principal. |

3.2.17. Tipos de comunicación en PIC'S.

Comunicación punto a punto

Protocolo RS485: El protocolo RS-485 es una solución de comunicación serie ampliamente establecida en el ámbito de los procesos industriales gracias a sus prestaciones técnicas y fiabilidad. Este estándar permite establecer conexiones a largas distancias lo que lo hace ideal

para instalaciones extensas. Además, admite configuraciones multipunto es decir permite que varios dispositivos compartan el mismo bus de datos lo cual facilita la creación de redes de comunicación entre múltiples equipos sin necesidad de conexiones individuales [14].

Protocolo RS232:

Este tipo de comunicación también es llamada de punto a punto entre el ordenador y un dispositivo o dispositivos de programación digital se los encuentra en los equipos comunes de un computador, así como el mouse, impresoras teniendo una cierta característica de distancia a la cual va a trabajar sin tener ningún inconveniente referimos que esta comunicación trabaja a 15 metros de distancia máximo [15].

Comunicación Ethernet TCP/IP

Protocolo Modbus TCP:

En la actualidad, MODBUS TCP/IP se ha convertido en una extensión del protocolo MODBUS adaptada para el control y monitoreo de dispositivos de automatización industrial a través de redes basadas en TCP/IP como las Intranet o Internet. Esta variante aprovecha la infraestructura de red existente para facilitar la comunicación entre distintos equipos. Es comúnmente utilizado para enlazar dispositivos como PLCs módulos de entrada/salida y pasarelas (gateways) que permiten la conexión con otros buses de campo o redes más simples. Gracias a su fiabilidad y compatibilidad MODBUS TCP/IP se ha establecido como un referente en la industria de la automatización [16].

Protocolo Ethernet/IP:

Para referirnos a este tipo de protocolo que es el más utilizado en las redes locales de transferencia de datos con una eficiencia mayor a todas los protocolos los cuales se utilizan en la automatización industrial, ha dejado de lado ser una comunicación de oficina una de las ventajas de esta interfaz es la utilización de la misma ya que es entendible en la parte de configuración e interpretación local [17].

Protocolo Profinet:

PROFINET es un protocolo de comunicación industrial que combina las tecnologías de PROFIBUS y Ethernet Industrial integrando funcionalidades de los protocolos UDP, TCP e IP. Su principal ventaja es la alta velocidad en la transmisión de datos, motivo por el cual se le conoce como un sistema de Ethernet en tiempo real.

Este protocolo presenta múltiples beneficios, lo que lo hace especialmente adecuado para una amplia gama de aplicaciones en automatización. Para atender diferentes necesidades industriales, PROFINET se presenta en dos variantes:

- PROFINET I/O: Enfocado en la comunicación con dispositivos de campo, como sensores y actuadores.
- PROFINET CBA (Component Based Automation): Diseñado para facilitar la comunicación entre controladores lógicos programables (PLC), ideal para arquitecturas modulares y distribuidas [18].

3.2.18. Estandarización de los sistemas de automatización

3.2.18.1. Estudio del estándar IEC 61131

En el entorno actual de automatización industrial se siguen contemplando los sistemas de control dependiendo de cada fabricante, lo que complica una programación limitada a entornos de integración entre varios sistemas, esta dirección nos costos para el usuario y una baja flexibilidad de operar y una carencia en soluciones.

3.2.18.2. La norma IEC-61131

Este tipo de normas se encuentra en los controladores lógicos programables PLCs y cada uno de sus elementos que lo conforman, esto también incluyen elementos de diagnóstico y programación PADT y algunos equipos de prueba TE y la interfaz hombre máquina HMI en la cual su principal objetivo es limitar los lineamientos que facilitan el desempeño y el mantenimiento del sistema automatizado.

3.2.18.3. La finalidad de esta Norma IEC-61131

Este tipo de norma busca definir cada uno de los elementos técnicos que son indispensables para la elección y el uso del PLC y cada uno de sus elementos, en los que engloba las especificaciones y características de operación, en las que se identifican el uso, construcción y seguridad y pruebas de validación.

Este sistema une lenguajes de programación normalizados, las normas sintácticas y sistemáticas, la introducción y los elementos para el uso del sistema.

Entre sus alcances se encuentran:

- Servir la orientación para el uso de los sistemas programables
- Normalizar las comunicaciones entre cada PLCs, así como con otros sistemas automatizados

3.2.18.4. Ampliación del Estándar 61131-3

La elección del estándar (IEC 61131-3) es un pilar fundamental en la normalización de lenguajes de programación para la automatización, en la que impulsa una nueva metodología alejada del fabricante. Su desarrollo fue un impulso de empresas multinacionales con una experiencia en industrias.

El IEC 61131-3 define como un modelo de programación completamente estructurado y define cada uno de los lenguajes de programación que se utilizan, su uso se relaciona con el control del PLC en el que se implementa controles de movimiento y elementos basados en SoftPLC.

Principales beneficiarios

1. El disminuir el costo en mantenimiento, soporte técnico y la contratación en el exterior.
2. La facilidad de usar nuevamente cada uno de los bloques de programación en otros entornos o sistemas.
3. Se adapta a cada uno de las áreas como son las de control industrial y procesos de manufactura

4. Mejora la incorporación entre varios sistemas o equipos de trabajo gracias a la utilización de una estructura de programación que es común [19].

3.2.18.5. Norma RTE INEN 131 Aceros en máquinas envasadoras.

Esta norma indica el tipo de acero recomendado para maquinaria alimenticia lo cual establece requisitos de higiene y seguridad para el procesamiento de alimentos y bebidas alimenticias, los materiales recomendados está el acero inoxidable AISI 304, AISI 316.

La máquina envasadora de líquidos PREPAC posee el Acero AISI 304 (inoxidable) en un 40% de la estructura que tiene contacto con el líquido a dosificar y la lámina plástica ver Figura 3.15.

Acero inoxidable AISI 304 Composición: Contiene aproximadamente 18% cromo y 8% níquel [20].

Aplicaciones típicas:

- Tanques de almacenamiento
- Superficies en contacto con leche
- Estructuras de máquinas envasadoras



Figura 3.15. Estructura general de la máquina envasadora de líquidos PREPAC.

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.

4.1 Descripción del proyecto

El siguiente proyecto consta de la automatización de una máquina en fundadora de líquidos. El objetivo principal es diseñar un sistema automatizado para la operación de la máquina y con ello aumentar la producción, ya que la máquina se encuentra obsoleta por su antigüedad y su sistema manual. La automatización se realizará mediante el uso de un controlador lógico programable PLC XINJE XD3-16RT-E, sensores, electroválvulas y un variador de frecuencia que permite utilizar de manera precisa el motor de la máquina. La automatización fue diseñada teniendo en cuenta el recorrido de la funda, la dosificación del producto y el sellado, sincronizando todos los elementos de la máquina. El proyecto consta del diseño del sistema de control el uso de componentes eléctricos y neumáticos el mantenimiento de elementos mecánicos en mal estado y la verificación del funcionamiento mediante pruebas.

En los procesos de control automático que requieren variables para ser determinadas en evaluación y controladas como son las entradas analógicas las que son importantes para mejorar la producción y reducir el tiempo estimado de cada etapa de nuestra máquina enfundadora de líquidos como lo es el control del sellado tanto horizontal, vertical y el arrastre del material a enfundar por ello al poseer este tipo de métodos vamos a verificar la funcionalidad de este tipo de sistemas.

4.2 Declaración de Variables

4.2.1 Variable independiente

Tabla 4.1. Variables independientes.

| Variable | Categoría | Resultado |
|---|--|---|
| Entrada analógica Tipo de rollo plástico | Utilización del PLC Actuadores (motor, válvulas). Lógica programada. | Control automatizado del proceso. Reducción de errores humanos. Efectividad de operación. |

4.2.2 Variable dependiente

Tabla 4.2. Variable dependiente.

| Variable | Categoría | Resultado |
|----------------------------------|--|--|
| Tiempos de producción | Paradas de la máquina. Tiempo de operación. | Reducción de tiempos. Incremento en la velocidad de enfundado. |
| Número de unidades enfundadas | Uniformidad en la dosificación. | Enfundado uniforme. Reducción de desperdicios. |
| Producción | Litros por hora. Capacidad diaria. | Aumento en la producción. Mejora en tiempos de enfundado |

4.3 Diagrama de metodología

Este proyecto adopta un enfoque metodológico de tipo cuantitativo, ya que se centra en el análisis de variables numéricas que pueden ser medidas y evaluadas de forma objetiva. Entre estas variables destacan el tiempo transcurrido entre cada ciclo de operación y el tiempo requerido para la dosificación del producto, ambos indicadores clave para valorar el rendimiento del sistema antes y después de su automatización.

El proyecto está orientado a facilitar el control del proceso, permitiendo una supervisión más efectiva de los tiempos y condiciones de operación. Esto no solo contribuye al cumplimiento de los objetivos propuestos, sino que también permite generar datos reales y comparables para validar el impacto de la automatización en términos de desempeño técnico.

Para llevar a cabo esta iniciativa, se seguirá un plan de desarrollo estructurado, que incluirá etapas de diseño, implementación, medición y análisis de resultados. Cada fase estará orientada a garantizar la fiabilidad del sistema, así como la obtención de indicadores que respalden la

mejora continua del proceso productivo especificado en el diagrama de metodología ver Figura 4.16.

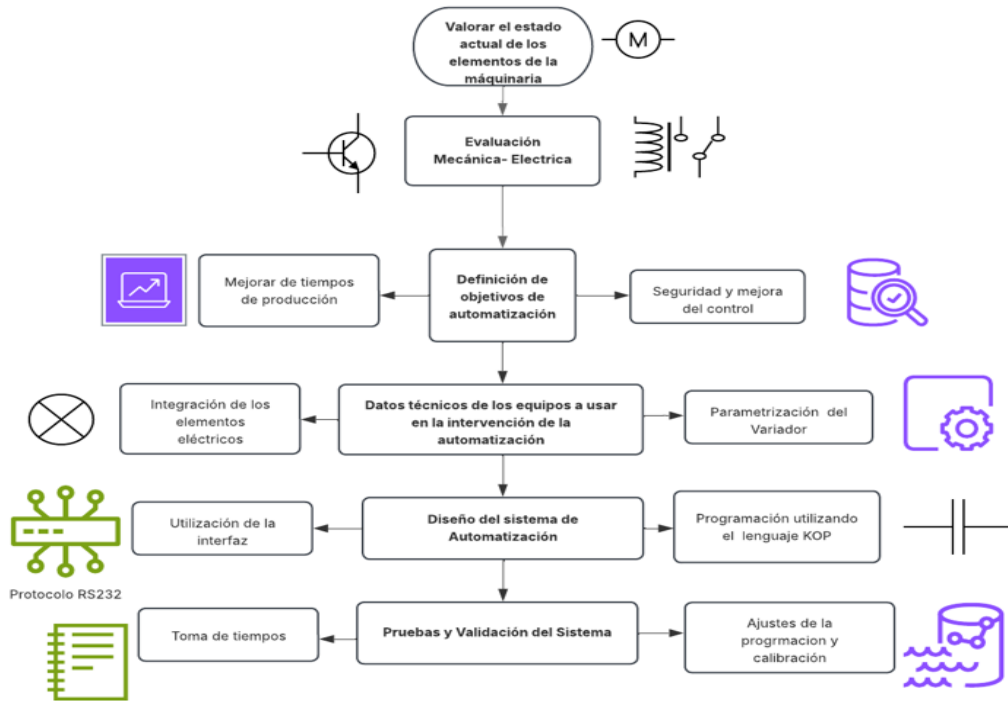


Figura 4.16. Esquema de la metodología.

4.4. Valoración de los elementos eléctricos y mecánicos de la máquina enfundadora PREPAC sin automatización

Con el fin de conocer las condiciones en las que se encontraba la máquina enfundadora de líquidos ver ANEXO 1 se realizó una valoración del ámbito eléctrico y mecánico la cual detallamos a continuación.

4.4.1 Valoración eléctrica de la máquina enfundadora PREPAC

En la revisión del sistema eléctrico nos encargamos en valorar los elementos de la alimentación control y protección.

Siguiendo con la revisión del tablero como se observa en la Figura 4.17 en la que tenemos un gran desgaste en los elementos eléctricos ya que la misma se encuentra obsoleta, así también la organización de los cables no cuenta con la utilización de canaletas y la mala utilización empalmes aislados con cinta lo que tiene como consecuencia un riesgo en fallas operativas. Se observaron relés, transformadores y contactores

en mal estado y así mismo con elementos de protección como son termomagnéticos que presentaban un gran desgaste a su vez no contaba con una separación entre circuitos de potencia y circuitos de control lo que dificultaba la identificación de cada sistema.

El sistema no contaba con ningún tipo de comunicación lo que conlleva a que no sea compatible con dispositivos como un PLC. Se observó que no contábamos con diagramas eléctricos lo que dificultaba realizar algún tipo de mantenimiento.

Siguiendo con la revisión concluimos que el sistema eléctrico estaba completamente inutilizable ver Figura 4.17 lo que conlleva un gran riesgo al momento de su funcionamiento y por eso se encuentra sin operación. Lo que se decidió es sustituir por completo el sistema de control y con la utilización e implementación de algunos dispositivos que nos ayudarán en la parte de la automatización.



Figura 4.17. Sistema eléctrico de la máquina PREPAC sin automatizar.

- **Estado de los transformadores de la máquina enfundadora PREPAC**

Realizando las pruebas de funcionamiento de los transformadores como se muestra en la Figura 4.18 tanto para el sellado horizontal y vertical corroboramos que se encuentran en buen estado, en el primario con un voltaje de 220 V AC nos presentaba en el secundario de 10V y 20V AC respectivamente para cada transformador, se realizó la limpieza de cada uno de los terminales de cada transformador.

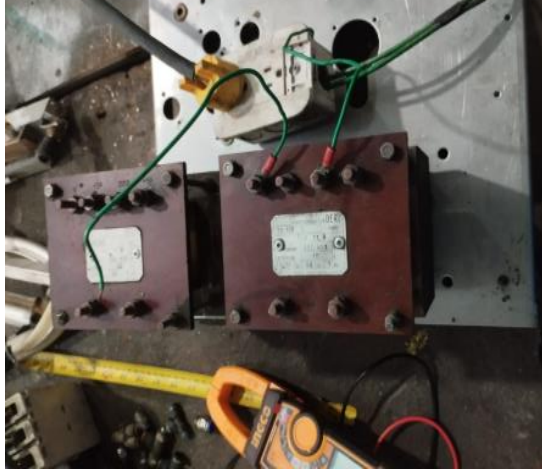


Figura 4.18. Pruebas de funcionamiento en los transformadores.

- **Estado del motor de la máquina enfundadora PREPAC**

En la revisión de nuestro motor se verificó el estado y se realizó pruebas de funcionamiento ver Figura 4.19 con el fin de detectar algún tipo de calentamiento o algún tipo de vibración, mediante el uso de un multímetro se revisó la continuidad de cada una de nuestras bobinas y si cada uno de los aislamientos entre fases se encontraban en buen estado.



Figura 4.19. Conexión y pruebas del motor.

4.4.2 Valoración mecánica de la máquina enfundadora PREPAC

La revisión mecánica tiene como objetivo valorar en qué estado se encuentra nuestra máquina. La revisión de componentes principales del movimiento, dosificado y sellado, nos permite concluir el nivel de desgaste en cada elemento utilizado para el enfundado.

Durante la inspección ver Figura 4.20 observamos una cantidad considerable de óxido en nuestra máquina principalmente donde se encontraba el tablero eléctrico. A su vez, algunos tornillos se encontraban flojos por las vibraciones que producía la máquina.

Los mecanismos como cilindros y la mordaza utilizada se encontraban desgastados lo que afecta al movimiento y al sellado.

En conclusión, la máquina se encontraba en buenas condiciones en su parte estructural. Se realizó el mantenimiento en las zonas que se encontraban en mal estado y la limpieza de piezas en sus componentes que realizaban el movimiento.



Figura 4.20. Estado mecánico de la máquina PREPAC sin mantenimiento.

4.5. Definición de objetivos de automatización

4.5.1 Mejora de tiempos de producción de la máquina enfundadora PREPAC

Con la automatización lo que buscamos es mejor los tiempos en cada proceso y así mejorar los tiempos de producción, para que la misma se incorpore de nuevo en la producción.

4.5.2 Seguridad y mejora del control de la máquina enfundadora PREPAC

El desarrollo de la automatización tiene como objetivo también la seguridad y control de la máquina con ello desarrollar un sistema seguro y que sea amigable con el operador y que no tenga que realizar actividades repetitivas o estar en contacto con elementos calientes encargados del sellado.




4.6 Datos técnicos de los equipos a usar en la intervención de la automatización de la máquina enfundadora de líquidos PREPAC

- **Selección del PLC**

Para nuestro sistema automatizado de la máquina enfundadora PREPAC se requería un PLC que tenga unas ciertas características las cuales serán necesarias, el que cuente con un número suficiente de entradas y salidas digitales para cada uno de nuestros elementos que conforman al sistema las cuales son selectores, pulsadores, relés electromecánicos relés de estado sólido y que sea compatible con un módulo de expansión el cual recibirá las señales variables de cada uno de nuestros potenciómetros.

Para la elección de nuestro PLC que utilizaremos para la automatización se comparó las características de tres PLC's ver Tabla 4.3 con la que elegiremos al que cumpla con cada una de nuestras necesidades para realizar nuestro sistema automatizado mediante una ponderación de calificaciones.

Tabla 4.3. Comparativa de PLCs para la automatización de la máquina enfundadora PREPAC

| | | | |
|--------------------------|---|---|--|
| Datos |  PLC XINJE XD3-16RT-E |  SIEMENS S7-1200 (CPU 1212C) |  LS ELECTRIC XBC-DR30S |
| Entradas digitales | 8 | 8 | 16 |
| Salidas digitales | 8 (6 relé, 2 transistor) | 6 relé | 14 relé |
| Entradas analógicas | Con módulo de expansión | Con módulo de expansión | Con módulo de expansión |
| Lenguaje de programación | KOP, FUP | LAD, FBD | Ladder, SFC, STL |
| Software de programación | XINJE PLC EDITOR/XCP Pro | TIA Portal | XG5000 (XG-PRO) |
| Facilidad de integración | (Relés, Variadores, sensores) | Solo componentes siemens | Requiere fuente de DC |

La evaluación y selección del PLC se desarrollará especificando 3 calificaciones de las cualidades de los PLC's antes descritos la valoración será de la forma, ver Tabla 4.4.

- 1: Limitado
- 2: Cumple de forma aceptable
- 3: Cumple completamente

Tabla 4.4. Calificación y selección del PLC a usar en la automatización.

| | | | |
|--------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Datos | PLC XINJE XD3-16RT-E | SIEMENS S7-1200 (CPU 1212C) | LS ELECTRIC XBC-DR30S |
| Entradas digitales | 3 | 3 | 3 |
| Salidas digitales | 3 | 2 | 3 |

| | | | |
|--------------------------|----|----|----|
| Entradas analógicas | 3 | 3 | 3 |
| Lenguaje de programación | 2 | 3 | 2 |
| Software de programación | 3 | 1 | 2 |
| Facilidad de integración | 3 | 2 | 2 |
| PUNTUACIÓN | 17 | 14 | 15 |

Luego de realizar una evaluación comparativa entre los PLC's se determinó que el PLC XINJE XD3-16RT-E obtuvo la mayor calificación total de 17/18 puntos. Esta puntuación refleja que el equipo cumple con todos los requerimientos necesarios para realizar el sistema automatizado de la máquina enfundadora de líquidos.

- **PLC XINJE XD3-16RT-E**



Figura 4.21. PLC XINJE 16XD3-6RT-E

Para la automatización seleccionamos el PLC XINJE XD3-16RT-E como se muestra en la Figura 4.21 el cual posee salidas a relé y a transistor las cuales necesitamos para el control de nuestras variables y con esto ayudara a controlar cada uno de los procesos que cumple la máquina enfundadoras de líquidos que recibe señales las que procesa y envía señales de salida a cada uno de nuestros actuadores como son electroválvulas, relés, relés de estado sólido etc.

En la Tabla 4.5 tenemos la información técnica del PLC XINJE 16XD3-6RT-E el cual integraremos en nuestra máquina enfundadora de líquidos PREPAC.

Tabla 4.5. Datos técnicos del PLC.

| FICHA TECNICA | ESPECIFICACIONES |
|------------------|--|
| MODELO | 16XD3-16RT-E |
| ENTRADAS/SALIDAS | 8 entradas/ 8 salidas: 2 a transistor y 6 a relé, lógica (NPN) |
| ALIMENTACIÓN | 110-240/4mA |
| COMUNICACIÓN | Protocolo USB/ RS232 |
| EXPANSIÓN | Compatible con hasta 10 módulos adicionales |

- CONTACTOR ALLEN-BRADLEY AC-1 220V 5.5 A



Figura 4.22. Contactor Allen-Bradley Ac-1 220V 5.5A

El contactor ver Figura 4.22 es el encargado de energizar al PLC, Fuente de 24V y al Variador de Frecuencia en la Tabla 4.6 se detalla las características técnicas.

Tabla 4.6. Datos técnicos contactor utilizado.

| FICHA TÉCNICA | ESPECIFICACIONES |
|---------------|------------------|
| MODELO | ALLEN-BRADLEY |
| ALIMENTACIÓN | AC-1 220V 5.5A |

- **Módulo de expansión XD-4AD-V-ED.**



Figura 4.23. Módulo de expansión XD-4-AD-V-ED.

Para completar las entradas analógicas, se incorporó un módulo de expansión como se muestra en la Figura 4.23 el cual formara parte de la comunicación principal junto con el PLC. En la Tabla 4.7 se da a conocer las especificaciones técnicas del módulo de expansión modelo XD-4AD-V-ED.

Tabla 4.7. Datos técnicos del módulo de expansión XD-4AD-V-ED.

| FICHA TÉCNICA | ESPECIFICACIONES |
|------------------|---|
| MODELO | XD-4AD-V-ED |
| ENTRADAS/SALIDAS | 4 entradas analógicas de voltaje de 0-5V, 1-10V |
| ALIMENTACIÓN | 24V DC |

- **Variador de frecuencia KINCO CV20**



Figura 4.24. Variador de frecuencia KINCO SERIE CV20.

El variador de frecuencia KINCO SERIE CV20 ver Figura 4.24 realizara la regularización de la velocidad del motor, ya que es la parte principal del arrastre de la funda esto permite que se pueda ajustar junto con los tiempos de dosificado y sellado, este variador de frecuencia fue seleccionado por la compatibilidad con del motor de la máquina enfundadora de líquidos PREPAC, en la Tabla 4.8 se menciona las principales cualidades técnicas de nuestro variador.

Tabla 4.8. Datos técnicos del variador KINCO serie CV20.

| FICHA TÉCNICA | ESPECIFICACIONES |
|--------------------|---------------------|
| MODELO | KINCO CV20-2S-0007G |
| CAPACIDAD | 0.75KW/3.4A |
| SALIDA DE TENSION | 3X220V AC |
| ALIMENTACIÓN | 1X 220V AC |
| POTENCIA DEL MOTOR | 1 HP |

- **Electroválvulas TG2521-08.**



Figura 4.25. Electroválvulas 5/2.

Las electroválvulas 5/2 como se muestra en la Figura 4.25 son las encargadas de la alimentación en cada uno de los cilindros del dosificado, sellado horizontal y vertical de la máquina, cada una de las válvulas será controlada mediante el PLC lo que asegura un correcto funcionamiento neumático, en la Tabla 4.9 se da a conocer las especificaciones técnicas del equipo.

Tabla 4.9. Especificación de las electroválvulas 5/2.

| FICHA TÉCNICA | ESPECIFICACIONES |
|---------------|------------------|
| MODELO | TG2521-08 |
| ALIMENTACIÓN | 24V DC |
| PRESIÓN | 21 ~116 psi |
| CONSUMO | 4 W/0.16A |
| ROSCA | 1 / 4" |

- **Fuente de alimentación 24V DC.**



Figura 4.26. Fuente de alimentación 24V DC.

La fuente de alimentación ver Figura 4.26 es el elemento encargado de proporcionar energía a los sistemas que cuentan con alimentación a 24V DC como son las electroválvulas, relés, en la Tabla 4.10 se detalla las características técnicas.

Tabla 4.10. Descripción de la fuente de alimentación.

| FICHA TÉCNICA | ESPECIFICACIONES |
|---------------|------------------|
| MODELO | TPS-2410 |
| ALIMENTACIÓN | 120-240V AC |
| SALIDA | 24 VDC 10 A |
| POTENCIA | 240W/1.26 A |

- **Relés electromecánicos de 8 pines planos.**



Figura 4.27. Relés electromecánicos de 8 pines.

Los relés electromecánicos como se muestran en la Figura 4.27 actúan a la salida del PLC y son los encargados de la activación de cada uno de nuestros elementos de potencia, las características voltajes de trabajo de estos relés se mencionan en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11. Características principales de los relés.

| FICHA TÉCNICA | ESPECIFICACIONES |
|--------------------------------|---------------------|
| MODELO | Relé 8 pines planos |
| TIPO DE BOBINA | 24V DC |
| VOLTAJE MAXIMO CONMUTADO AC/DC | 240 V AC/28V DC |
| CAPACIDAD DE CARGA | 10 A |

- **Sensor de TACA tipo reflexivo.**



Figura 4. 28.Sensor de TACA tipo reflexivo.

El sensor de taca ver Figura 4. 28 es el encargado de detectar la marca que tiene nuestro rollo de plástico lo que ayudará a marcar el momento exacto en el que se producirá el sellado, este sensor trabaja junto con el PLC al momento de detectar la marca en la lámina adopta una señal lo que garantiza un corte uniforme en el envasado, ver las especificaciones en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12. Especificaciones técnicas del sensor de taca.

| FICHA TÉCNICA | ESPECIFICACIONES |
|-----------------------|-------------------|
| MODELO | BZI-211 |
| SUMINISTRO DE VOLTAJE | 10-30 V DC |
| METODO DE DETECCIÓN | Reflexión coaxial |
| TIPO DE SALIDA | NPN |
| TEMPERATURA | 0-50 °C |

- **Relés de estado sólido SSR-40DA.**



Figura 4.29. Relés de estado sólido SSR-40DA.

Junto con el PLC los relés de estado sólido como se muestran en la Figura 4.29 se activan dando paso a que se energicen cada uno de los transformadores de los dos sellados y con ello se calienta cada una de nuestras niquelinas encargadas del sellado horizontal y vertical, los relés de estado sólido tienen una alta velocidad de conmutación esenciales para alcanzar la temperatura deseada al momento del sellado, las niquelinas están alimentadas mediante los transformadores, en la Tabla 4.13 se detalla las especificaciones del equipo.

Tabla 4.13. Características de los relés de estado sólido.

| FICHA TÉCNICA | ESPECIFICACIONES |
|-----------------|------------------|
| MODELO | SSR-40DA |
| ALIMENTACIÓN | 24-380V AC |
| CONTROL | 3-32V DC |
| ALIMENTACIÓN | 220V |
| MODO DE CONTROL | DC-AC |

- **Transformador monofásico núcleo laminado.**



Figura 4.30. Transformador de núcleo laminado.

Los transformadores de núcleo laminado como se muestran en la Figura 4.30 son los encargados de alimentar cada una de nuestras niquelinas encargadas del sellado horizontal y vertical de nuestra enfundadora, las características de estos transformadores se detallan en la Tabla 4.14.

Tabla 4.14. Características de los transformadores.

| FICHA TÉCNICA | ESPECIFICACIONES |
|--------------------------|---------------------------|
| MODELO | 72.124 /72.125 Deri Paris |
| VOLTAJE EN EL PRIMARIO | 220/220 V AC |
| VOLTAJE EN EL SECUNDARIO | 10/20 V AC |
| FRECUENCIA | 50 Hz |
| MODO DE CONTROL | AC-AC |

- **Selección del calibre del conductor para los transformadores.**

$$I = \frac{S}{V} \quad (1)$$

Donde:

I es la corriente en A en el secundario (A)

P es la potencia aparente del transformador (kVA)

V es el voltaje en el devanado secundario (V)

- **Motorreductor de eje perpendicular CARPANELLI.**



Figura 4.31. Motorreductor de 0.35 HP.

El motorreductor que se muestra en la

Figura 4.31 es el encargado del movimiento de los rodillos que realizan el arrastre del material utilizado para el envasado, junto con el reductor permite tener un par elevado a bajas velocidades lo que es esencial para el avance seguro del material sin realizar movimientos innecesarios, en la Tabla 4.15 se detalla las características del motorreductor.

- **Selección del calibre del conductor para el motor.**

$$I_{nominal} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos(\varnothing)} \quad (2)$$

Donde:

P es la potencia del motor (kW)

V voltaje de entrada

$\cos(\varnothing)$ fp.

Cálculo del torque del motor

$$T = \frac{9550 \cdot P}{n} \quad (3)$$

Donde:

T es el torque del motor (N*m)

P es la potencia del motor (kW)

n es el número de revoluciones del motor (rpm)

Cálculo de velocidad de salida del reductor.

$$n_s = \frac{n_m}{i} \quad (4)$$

Donde:

n_s es la velocidad de salida del reductor (rpm)

n_m es la velocidad del motor (rpm)

i es la relación de transmisión (numero adimensional.)

Tabla 4.15. Características del motor y reductor.

| FICHA TÉCNICA | ESPECIFICACIONES |
|-----------------------|-------------------------|
| MODELO | MA6364 CARPANELLI |
| VOLTAJE | 220/440 V AC |
| POTENCIA | 0,26 kW/ 0,35 HP |
| FRECUENCIA | 60 Hz |
| REVOLUCIONES | 1660 rpm |
| RELACION DE REDUCCIÓN | i = 7.5 |

1.6.1 Integración de los elementos eléctricos para la automatización en la máquina enfundadora PREPAC

La máquina posee un tablero eléctrico de 40x60cm el cual fue utilizado para la integración de nuestro sistema eléctrico.

4.6.1.1. Conexión de los elementos eléctricos para automatizar la máquina enfundadora PREPAC

- **Circuito principal de la máquina enfundadora automatizada PREPAC.**

El circuito fue realizado mediante el software CADE SIMU en el que ubicamos todos los elementos eléctricos como motores, relés, el PLC, la tensión principal, los transformadores, el Variador de Frecuencia etc. ver ANEXO 2 .

En la alimentación principal el voltaje es de 220V el que es distribuido a cada elemento dentro del tablero eléctrico.

- **Circuito de mando de la máquina enfundadora PREPAC**

El circuito de mando se realizó mediante la utilización de elementos eléctricos como pulsadores, selectores, luces piloto, sensores, contactores, relés, electroválvulas y el PLC XINJE XD3-16RT-E, este circuito está formado por 220V AC los que alimentan a el PLC y la bobina del contactor, 24 V DC el que alimenta al sensor, relés electromecánicos y relés de estado sólido, 10-20V AC lo que genera cada transformador para la activación de las niquelinas encargadas del sellado.

4.6.1.2. Mantenimiento del tablero de control de la máquina enfundadora PREPAC

Para la colocación de los elementos del nuevo sistema se realizó el mantenimiento del tablero en el que se eliminó la cantidad de oxido que existía, así como polvo y grasa que se fue acumulando a través del tiempo, se realizó el pintado dando un mejor aspecto ver Figura 4.32.

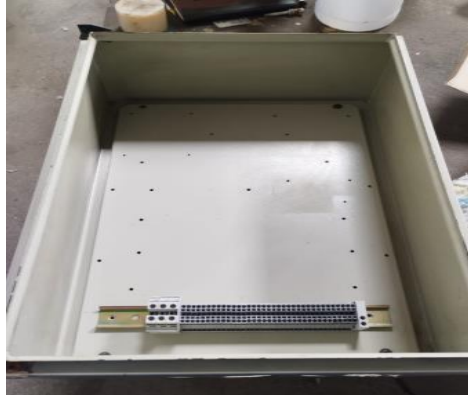


Figura 4.32 Tablero de control realizado el mantenimiento.

4.6.1.3. Colocación de canaletas y soportes para los elementos eléctricos de la máquina enfundadora PREPAC

Se procede a instalar cada uno de los soportes necesarios para nuestro sistema ya sean canaletas riel din, borneras y terminales las que sujetamos con remaches al tablero, la ubicación de cada uno de estos elementos nos permite separar entre elementos de protección, control y actuadores lo que asegura un correcto cableado ver Figura 4.33.



Figura 4.33. Colocación de canaletas y riel din en nuestro tablero de distribución.

4.6.1.4. Ubicación de los elementos eléctricos en el tablero de la máquina enfundadora PREPAC

La colocación de los elementos eléctricos en el tablero fue realizada con el objetivo de diferencia entre elementos encargados de la protección, control y actuadores lo que ayudaría a aprovechar cada espacio disponible, se realizaron perforaciones al costado izquierdo del tablero las cuales serán utilizadas para la colocación de selectores, luces piloto y pulsadores, con este sistema lo que buscamos es facilitar el mantenimiento por parte del operador ver Figura 4.34.



Figura 4.34. Incorporación de los elementos eléctricos.

4.6.1.5. Cableado de los circuitos de la máquina enfundadora PREPAC

Para nuestro sistema de potencia (Transformadores) utilizamos cable calibre 6 AWG la cual soporta las cargas requeridas para los transformadores, para el sistema de control utilizamos cable calibre 18 AWG ya que la corriente que necesitan estos componentes los cuales son relés, sensores entradas y salidas del PLC es muy baja, se realizó el cableado como se muestra en la Figura 4.35 utilizando las canaletas ya instaladas y realizando una correcta identificación de cada uno de sus terminales y con ello vamos realizando a la par con el diagrama eléctrico que se lo realiza en el programa CADe SIMU para poder ir reconociendo todas la conexiones que se van a incorporar dentro de este tablero eléctrico de la máquina enfundadora de líquidos y así poder reconocer alguna falla la misma que será identificada con el diagrama eléctrico creado para el uso de identificativos que respalden el mantenimiento de la maquinaria.



Figura 4.35. Cableado de los elementos eléctricos para la automatización de la máquina PREPAC.

4.6.1.6. Conexión de los elementos eléctricos para la automatización de la máquina enfundadora PREPAC

Para la conexión de cada uno de los elementos se diferenciá entre circuitos de mando y potencia como se muestra en la Figura 4.36, esto ayuda a proteger a cada uno de los circuitos de mando si llega a producir alguna falla en el sistema de potencia, a cada elemento se le realizo una comprobación para luego ser instalado en el sistema, con la ayuda del PLC se establece conexiones de entradas y salidas hacia cada elemento actuador. Cada una de las niquelinas que realizan el sellado se activan por medio de los relés de estado sólido los cuales reciben una señal de salida que entrega el PLC.



Figura 4.36. Conexión de cada elemento del tablero designado para la automatización.

4.6.2 Parametrización

- **Parametrización del variador de frecuencia KINCO CV20-2S-0007G.**

Para el correcto funcionamiento de nuestro motor se realizó la configuración de nuestro variador de frecuencia KINCO CV20-2S-0007G, la parametrización se realizó mediante los datos que nos proporciona nuestra placa del motor como se muestra en la Figura 4.37.



Figura 4.37. Placa de datos del motor.

Datos tomados del motor.

- Potencia: 0.26kW
- Voltaje: 220 en delta
- Corriente: 1.7 A
- Frecuencia: 60Hz
- Velocidad nominal 1660 rpm

En la Tabla 4.16 se detallan los comandos que tiene el hardware del variador de frecuencia, como opera cada uno de sus botoneras para la parametrización correspondiente de los datos utilizados para el trabajo del motor

Tabla 4.16. Botones y función del panel de control del variador

| BOTÓN | FUNCIÓN |
|--------------|---|
| ▲ / ▼ | Aumentar o disminuir el valor del parámetro |
| MENU | Entrar o salir del estado de programación. |
| RUN/STOP | Ejecuta o detiene el variador, en error lo reinicia. |
| SHIFT/ ENTER | Cambiar de posición el dígito o guarda el valor tras mantener presionado. |

A continuación, se detalla en la Tabla 4.17 los parámetros utilizados para la configuración de nuestro variador.

Tabla 4.17. Códigos de parametrización del variador según los datos del motor.

| CODIGO DE FUNCIÓN | NOMBRE | DESCRIPCIÓN |
|-------------------|---------------------------|-------------|
| A0.06 | Tiempo de aceleración | 0.2s |
| A0.07 | Tiempo de desaceleración | 0.2s |
| b 0.00 | Potencia nominal | 0.26Kw |
| b0.01 | Tensión nominal | 220V |
| b0.02 | Corriente nominal | 1.7 A |
| b0.03 | Frecuencia nominal | 60Hz |
| b0.04 | Numero de polos del motor | 1 |
| b0.05 | Velocidad nominal | 1660 rpm |

4.7 Diseño del sistema de automatización para la máquina enfundadora PREPAC

4.7.1 Programación del sistema.

Empezamos definiendo cada una de las variables a utilizar entre entradas y señales de salida que intervienen en el proceso de enfundado de nuestra máquina la utilización del programa que lleva como nombre XINJE PLC PROGRAM TOOL de la marca XINJE, se considera este programa ya que es compatible con cualquier tipo de procesadores en referencia al ordenador

ya sean inferiores o superiores, para la programación utilizamos el lenguaje de programación KOP priorizando la estandarización IEC 61131-3 el cual nos recomienda utilizar este tipo de lenguaje por ser uno de los más fáciles de comprender dentro de la industria y procesos de automatización como se muestra en la Figura 4.38. Como señales de entrada tenemos la nomenclatura de X0 mientras que en las señales de salida utilizamos Y0 como nos especifica el autómeta.



Figura 4.38. Inicio de la programación en el software XINJE PLC PROGRAM TOOL.

Dentro de la comunicación entre el PLC XINJE 16XD3-6RT-E y el ordenador se utilizó el protocolo USB/RS232 con el puerto COM 4 ver Figura 4.39.

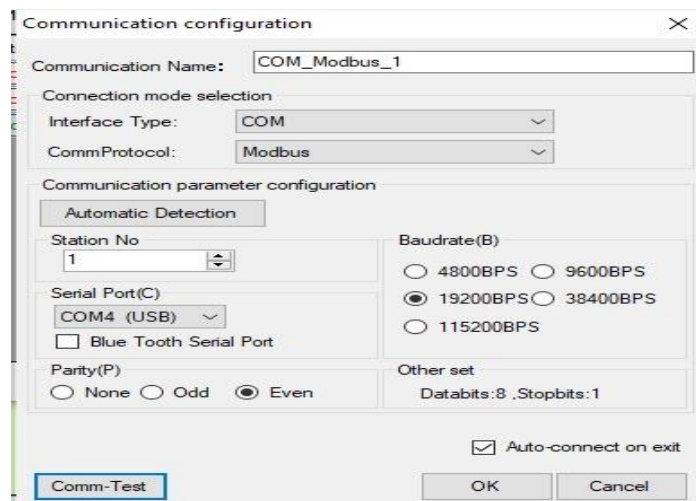


Figura 4.39. Utilización de la interfaz.

4.7.2 Escalamiento para el sellado vertical, horizontal y arrastre de la máquina enfundadora PREPAC

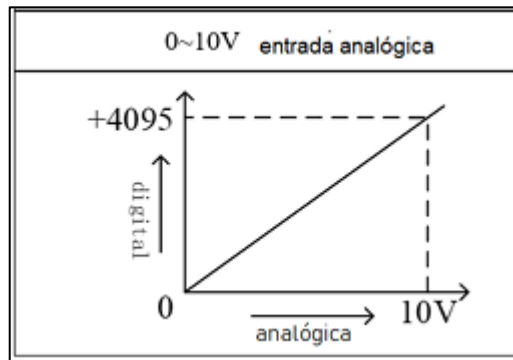


Figura 4.40. Gráfica de escalamiento del módulo de expansión.

En este método nuestro potenciómetro ingresamos la variable de entrada analógica de 0 a 10 V la cual es movida a una entrada digital de 0 a 4095 dentro del PLC XINJE 16XD3-6RT-E interpretándolo como un valor en segundos con el mayor tiempo de 1.6 segundos respectivamente.

En la Tabla 4.18 detallamos las variables de entradas y salidas que van a intervenir en la automatización de la máquina enfundadora de líquidos.

Tabla 4.18. Tabla de asignación de variables de entradas y salidas del PLC.

| N° | Nombre | Dirección | Tipo | Descripción |
|----|-----------------------|-----------|---------|---|
| 1 | Soldadura Vertical | X.0 | Entrada | Sellado de la lámina plástica verticalmente |
| 2 | Soldadura Horizontal | X.1 | Entrada | Sellado de la lámina plástica horizontalmente |
| 3 | Dosificación | X.2 | Entrada | Señal que permite el paso del líquido a dosificar |
| 4 | Arrastre de la lámina | X.3 | Entrada | Señal que incorpora la actuación del variador – motor |

| | | | | |
|----|----------------------------|-----|---------|--|
| 5 | Bolo/Litro | X.4 | Entrada | Señal de pulso dentro del PLC para configuración del producto |
| 6 | Sección Manual | X.5 | Entrada | Señal de pulso para trabajar en condiciones manuales |
| 7 | Sensor de Taka ON/OFF | X.6 | Entrada | Señal de pulso para trabajar con la taca o sin ella |
| 8 | Inicio Prensas | X.7 | Entrada | Señal de pulso para iniciar la actuación de las prensas |
| 9 | Relé de estado sólido 1 | Y.0 | Salida | Activación del primer transformador-niquelina y con ello el sellado horizontal |
| 10 | Relé de estado sólido 2 | Y.1 | Salida | Activación del primer transformador 2 -niquelina 2 y con ello el sellado vertical |
| 11 | Relé electromecánico 1 | Y.2 | Salida | Activación de la electroválvula 1 y con ello el pistón 1 |
| 12 | Relé electromecánico 2 | Y.3 | Salida | Activación de la electroválvula 2 y con ello el pistón 2 |
| 13 | Relé electromecánico 3 | Y.4 | Salida | Activación de la electroválvula 3 y con ello el pistón 3 |
| 14 | Relé electromecánico 4 | Y.5 | Salida | Activación por pulso al variador y con ello al motor para el arrastre del material |

4.7.2.1. Detalles del programa.

En el programa se colocan todas las señales de entrada y salidas como son los elementos a controlar desarrollando una estructura que sea entendible para la interpretación del lenguaje de

programación que vamos a utilizar como lo es el Ladder y garantizando el funcionamiento óptimo del enfundado automático.

4.7.3. Programación por secciones del proceso de enfundado automático de la máquina enfundadora PREPAC

Se considera realizar este tipo de programación dividiéndola por secciones y así poder mitigar cualquier error a la hora de la compilación y siendo más fácil encontrar errores que conllevan estos tipos de sistemas.

4.7.4. Sección de encendido de la máquina enfundadora PREPAC

En este caso requerimos iniciar y desenergizar el sistema con un mismo dato de señal como lo es el pulsador normalmente abierto utilizamos contadores como se muestra en la Figura 4.41.

Descripción:

En esta sección la entrada X7 memoriza a M0 que es una memoria interna en el programa esto actúa como una lógica de enclavamiento una vez que se active M2 permanece encendido el sistema por sí mismo hasta que se reinicie.

Cada vez que se activa X7 incrementa el contador C0 hasta 1 es decir detecta el primer pulso de X7, si C0 ya contó un pulso y se presiona de nuevo X7 se vuelve a activar M2.

Por otro lado, en el contador C1 cada vez que sea pulsado X7 cuenta hasta 2 esto sirve para detectar cuando se ha presionado X7 dos veces.

Finalmente, cuando C1 llega a contar 2 entonces pasa que se resetean los dos contadores C0 y C1.

La instrucción MUL D2 K1 D4 multiplica el valor registrado en D2 por 1 y lo guarda en D4 como un número entero ver Figura 4.42.

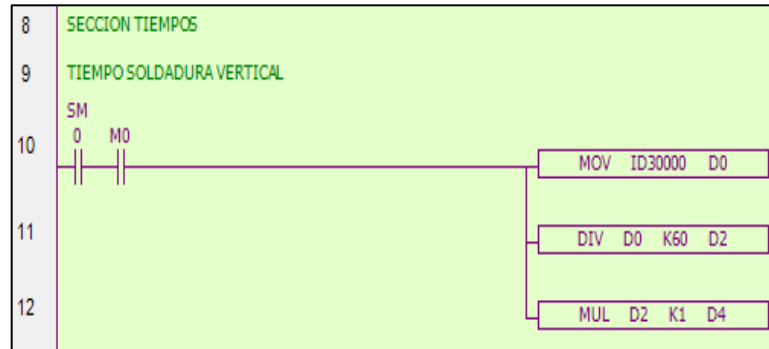


Figura 4.42. Programación del tiempo de sellado vertical.

Resumen:

1. D0 valor leído desde ID30000 que es la entrada analógica (potenciómetro).
2. D2 es el valor de D0/60.
3. D4 resultado de la multiplicación de D2 por uno (número entero).

4.7.5.2. Sección de Tiempo de Sellado Horizontal de la máquina enfundadora PREPAC

En esta sección SM0 siempre este encendido dentro de la programación y M0 es la memoria interna que se activó al iniciar el sistema, la instrucción MOV ID30001 D10 mueve el valor de entrada analógica del potenciómetro 2 con un rango de 0 a 10 VDC y lo guarda en D10. Este valor está en el rango de 0 a 4095 respectivamente.

La instrucción DIV D10 K60 D12 divide el valor que se encuentra registrado en D10 para 60 y guarda el resultado en D12 (convierte el valor de D10 a segundos).

La instrucción MUL D12 K1 D14 multiplica el valor registrado en D12 por 1 y lo guarda en D14 como un número entero ver Figura 4.43.

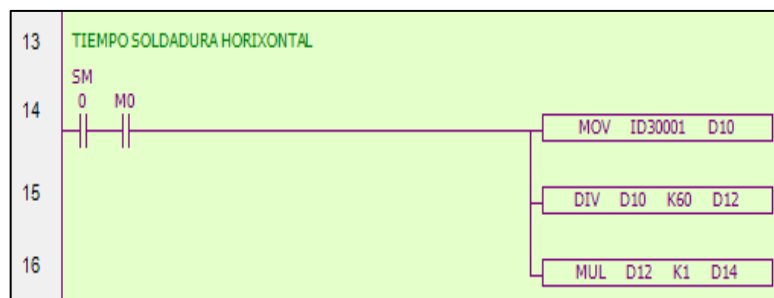


Figura 4.43. Programación de la sección de sellado horizontal.

Resumen:

1. D10 valor leído desde ID30001 que es la entrada analógica (potenciómetro).
2. D12 es el valor de D10/60.
3. D14 resultado de la multiplicación de D12 por uno (numero entero).

4.7.5.3. Sección de Tiempo de arrastre del material de la máquina fundadora PREPAC

En esta sección SM0 siempre este encendido dentro de la programación y M0 es la memoria interna que se activó al iniciar el sistema, la instrucción MOV ID30002 D10 mueve el valor de entrada analógica del potenciómetro 3 con un rango de 0 a 10 VDC y lo guarda en D20. Este valor está en el rango de 0 a 4095 respectivamente.

La instrucción DIV D20 K40 D22 divide el valor que se encuentra registrado en D20 para 40 y guarda el resultado en D22 (convierte el valor de D20 a segundos).

La instrucción MUL D22 K1 D24 multiplica el valor registrado en D22 por 1 y lo guarda en D24 como un número entero, toda esta sección esta detallada en la Figura 4.44.

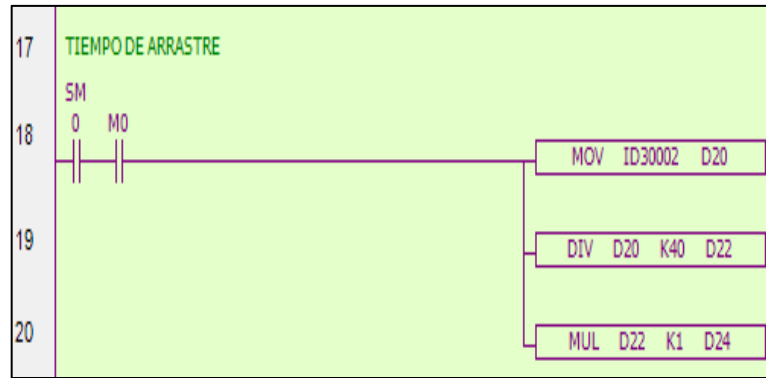


Figura 4.44. Programación del tiempo de arrastre de la lámina.

Resumen:

1. D20 valor leído desde ID30002 que es la entrada analógica (potenciómetro).
2. D22 es el valor de D20/40.
3. D24 resultado de la multiplicación de D12 por uno (número entero).

4.7.5.4. Sección de Tiempo del sensor de TACA para el centrado de la imagen de la máquina enfundadora PREPAC

En esta sección SM0 siempre este encendido dentro de la programación y M0 es la memoria interna que se activó al iniciar el sistema, la instrucción MOV ID30003 D30 mueve el valor de entrada analógica del potenciómetro 4 con un rango de 0 a 10 VDC y lo guarda en D20. Este valor está en el rango de 0 a 4095 respectivamente.

La instrucción DIV D30 K40 D32 divide el valor que se encuentra registrado en D30 para 40 y guarda el resultado en D32 (convierte el valor de D30 a segundos).

La instrucción MUL D22 K1 D24 multiplica el valor registrado en D32 por 1 y lo guarda en D34 como un número entero, toda esta sección esta detallada en la Figura 4.45.

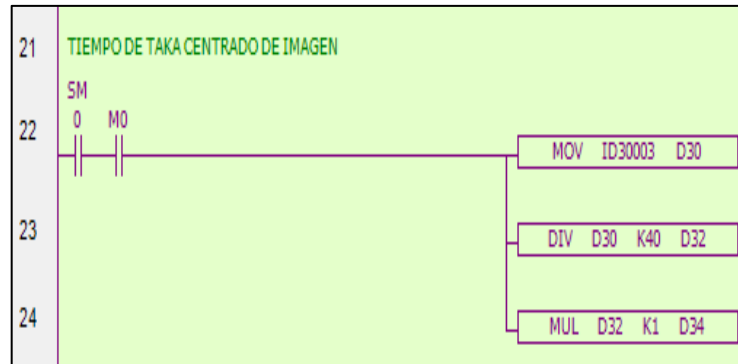


Figura 4.45. Programación del tiempo del sensor de TACA para el centrado de la imagen.

Resumen:

1. D30 valor leído desde ID30003 que es la entrada analógica (potenciómetro).
2. D32 es el valor de $D30/40$.
3. D34 resultado de la multiplicación de D32 por uno (número entero).

4.7.5.5. Condiciones de activación de las prensas de la máquina enfundadora PREPAC

En esta sección describimos las condiciones para la activación de las prensas tanto vertical como horizontal.

Condiciones para activar la salida Y2 (Prensa Vertical):

- M0 – Memoria principal activada.
- M6 – Ciclo de reset activado.
- T9 – Tiempo de prensas litro cumplido.
- T4 – Tiempo de prensas bolo cumplido.

El contacto cerrado M30 es para la sección de mando manual.

Condiciones para activar la salida Y3 (Prensa Horizontal):

- M0 – Memoria principal activada.

M6 – Ciclo de reset activado.

T9 – Tiempo de prensas litro cumplido.

T4 – Tiempo de prensas bolo cumplido.

El contacto cerrado M30 es para la sección de mando manual toda esta sección esta detallada en la Figura 4.46.

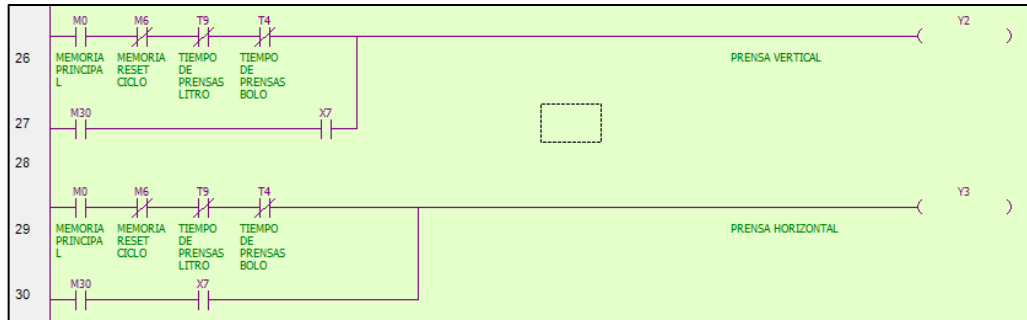


Figura 4.46. Condiciones de activación para las prensas.

4.7.5.6. Tiempo de activación de las prensas de la máquina enfundadora PREPAC

En la línea 32:

Las condiciones de inicio del ciclo son las siguientes:

M0: Memoria principal activada.

M6: Memoria de reset de ciclo activada.

SM0: Bit especial del sistema (usualmente siempre ON).

Esto activa el temporizador T1, configurado con un retardo de K25 (2,5 segundos si la base de tiempo es de 100 ms).

Línea 33:

X0: Entrada tipo digital (selector).

T1: Temporizador anterior ya ha contado.

Activa el temporizador T2, con retardo de D4, K10 (variable definida por el usuario).

Línea 34:

T2 y M3 en ON → activa la salida Y0.

Línea 35:

X1 + T1 activos → activa T3, con retardo D14, K10.

Línea 36:

T3 y M3 → activan la salida Y1.

Línea 37 y 38:

Ambas controlan los temporizadores:

T4: Activado por X4, retardo de K80, K10.

T9: También activado por X4, retardo de K100, K10.

Esto sugiere que ambos temporizadores (T4 y T9) se utilizan en los ciclos de prensas que vimos en la primera imagen (vertical y horizontal) toda esta sección está detallada en la Figura 4.47.

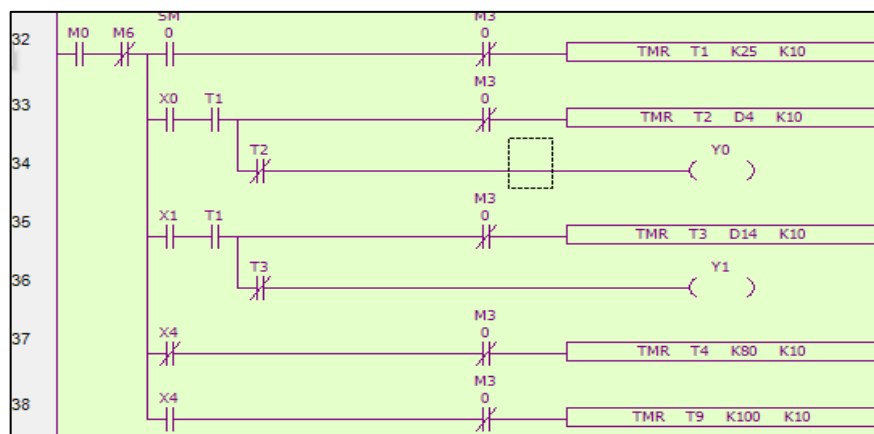


Figura 4.47. Tiempos de activación de las prensas.

Resumen general del funcionamiento

1. Inicio del ciclo con condiciones M0, M6, SM0 → activa T1.
2. Activación de entradas X0 y X1 según el caso → activa T2 y T3.
3. T4 y T9 están configurados con tiempos más largos (K80 y K100) y se usan para controlar las prensas vistas anteriormente.

4.7.5.7. Tiempo de activación del arrastre del material de la máquina enfundadora PREPAC

Línea 40-41:

Condición para activar M4 (inicio del arrastre):

T4 y T9 han completado sus tiempos.

Esto activa la bobina M4, que representa el arranque de la sección de arrastre.

Línea 42 condición:

M4, M6 y M30 activos → activo temporizador T6 con retardo de K10 (1 segundo si la base de tiempo = 100 ms).

Activación de salida Y5 (motor de arrastre):

Todas las condiciones de temporizadores: T6, T12, T7, T10, T11 y la entrada X3 deben estar activas.

Si M30 y X3 están activos, también se puede activar Y5 (Sección Manual).

Esto sugiere que Y5 puede activarse en una de dos formas:

Mediante la secuencia de temporizadores.

Directamente, por una condición específica X3 y M30 (Sección Manual).

Línea 46-48:

Nuevos temporizadores:

T11: activado con condiciones M4, M6, T6, SM0 → retardo D24, K10.

T7: activado por X4 y M30 → retardo K50, K10.

T10: también por X4 y M30 → retardo K80, K10 toda esta sección esta detallada en la Figura 4.48.

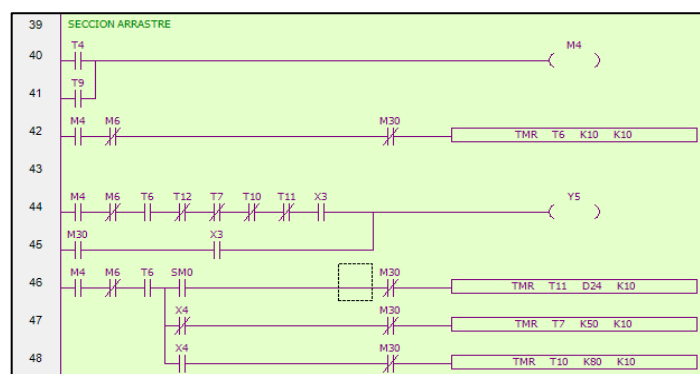


Figura 4.48. Sección de Arrastre del material.

Resumen del funcionamiento (Sección Arrastre)

Se activa M4 cuando T4 y T9 finalizan.

M4 junto a M6 activan T6.

La salida Y5 (motor de arrastre) se activa cuando se cumple una cadena de temporizadores y condiciones lógicas (o directamente por M30 + X3 Sección Manual).

Se gestionan múltiples temporizadores adicionales (T11, T7, T10) que controlan fases específicas del movimiento.

4.7.6. Sección sensor taca de la máquina enfundadora PREPAC

Línea 50:

Condición para activar M20 (inicio de la sección TACA) entradas X6, X3 y temporizador T6 deben estar activados.

Esto activa la bobina M20, que representa el inicio de la secuencia de la sección TAKA.

Línea 51:

Memoria M20 activa y el bit de sistema SM0 (siempre activado)

Cuando se cumplen estas condiciones y la memoria M30 está activa, se activa el temporizador T12 con retardo definido por el valor de D34 y base de tiempo K10, esto permite introducir un retardo variable dentro de la secuencia.

Línea 53:

Activación de la salida Y4 se puede activar de dos formas:

Mediante la condición M0 y la entrada X2.

Esto indica que Y4 puede ser activada tanto por una condición de control automático como por una manual supervisada por M30.

Líneas 55–56:

Los temporizadores T7 y T10 deben haber finalizado sus respectivos tiempos, esto activa la siguiente etapa de la secuencia toda esta sección esta detallada en la Figura 4.49.

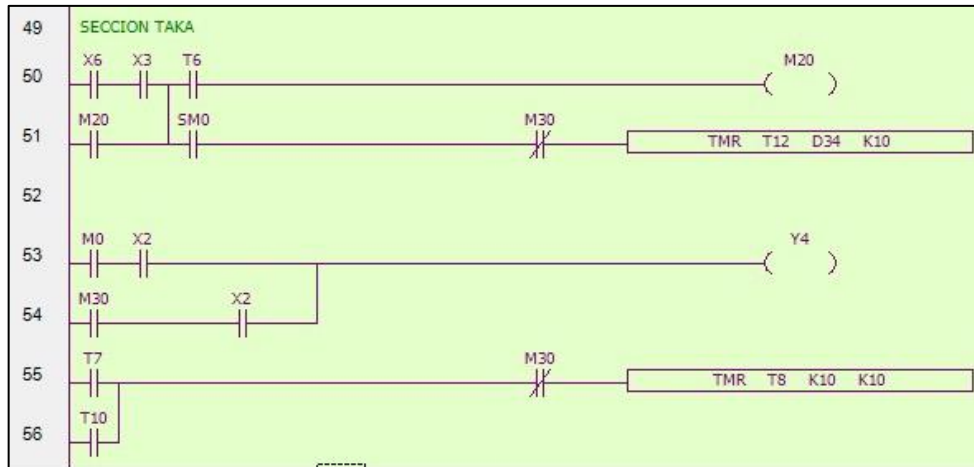


Figura 4.49. Sección de taca.

Resumen de funcionamiento sección Taca

Se activa M20 cuando se cumplen las condiciones de las entradas X6, X3 y el temporizador T6.

M20 junto con SM0 permiten iniciar el temporizador T12, controlado

4.7.7. Sección de reset de la máquina enfundadora PREPAC

Líneas 57–66:

Condición para activar el reinicio del sistema: Cuando el temporizador T8 ha finalizado su tiempo

Esto da inicio al proceso de reset de todos los temporizadores usados en la secuencia.

Función de M6: Una vez activada M6 se reinician los siguientes temporizadores de forma secuencial mediante contactos de reset (R): T1, T2, T3, T4, T5, T6, T8, T9 y T10.

Esto garantiza que el sistema esté completamente en cero al terminar la secuencia y antes de iniciar un nuevo ciclo, toda esta sección esta detallada en la Figura 4.50.

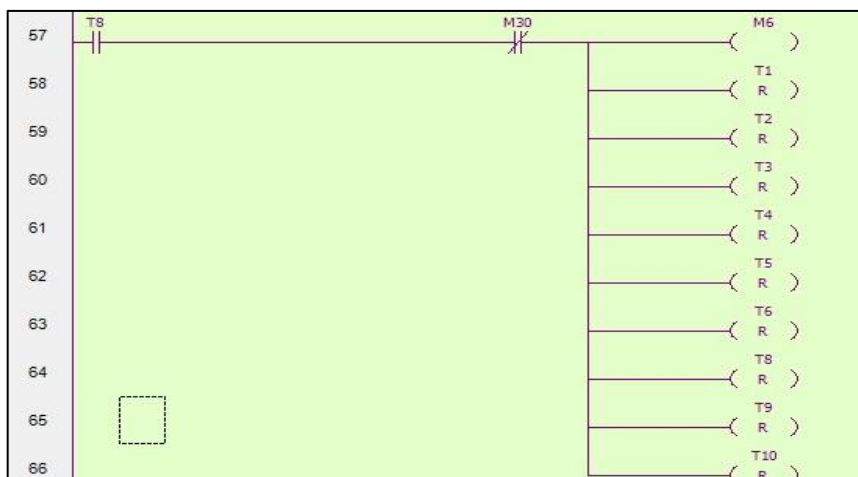


Figura 4.50. Sección reset.

4.7.8. Sección Manual/Automático de la máquina enfundadora PREPAC

Líneas 68:

Condición para activar M30 (modo manual): La entrada X5 controla directamente la activación de la memoria M30.

Cuando X5 está activa, se energiza M30, lo cual habilita la sección de mando manual

Si X5 está desactivada M30 permanece inactiva bloqueando la ejecución manual o manteniendo la máquina en estado automático ver Figura 4.51.

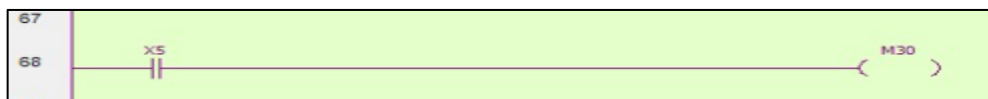


Figura 4.51. Sección manual/automático de la máquina PREPAC.

Resumen del funcionamiento (Selección Manual / Automático):

La entrada X5 actúa como selector de modo que cuando está activa energiza la memoria M30 habilitando el funcionamiento del sistema en modo manual. Si X5 está desactivada M30 se desactiva y el sistema puede operar en modo manual.

*Toda la programación antes descrita se puede simplificar en el ANEXO 3.

5. ANÁLISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS.

5.1. Escalamiento de un punto de referencia interpretado con el potenciómetro.

Ejemplo:

Punto de referencia: 2169:0.9

Entrada analógica: 0 :10V

Entrada movida a digital: 0 :4095

Tiempo: 0 :1.6 segundos

Si el punto digital es **2169**, eso equivale a $\approx 5.30 \text{ V}$

$$\text{Voltaje de entrada} = \frac{2169}{4095} * 10V = 5.29V \quad (5)$$

*Entonces el tiempo será de **0.9 segundos**.

Estos datos son interpretados si el operario calibra al potenciómetro con una entrada de 5.30 V entonces el escalamiento se vería reflejado dentro de la programación como 0.9 segundos de sellado o de arrastre del material en las 3 entradas analógicas que posee nuestro sistema de enfundado automático como se lo observa en la Figura 5.52.

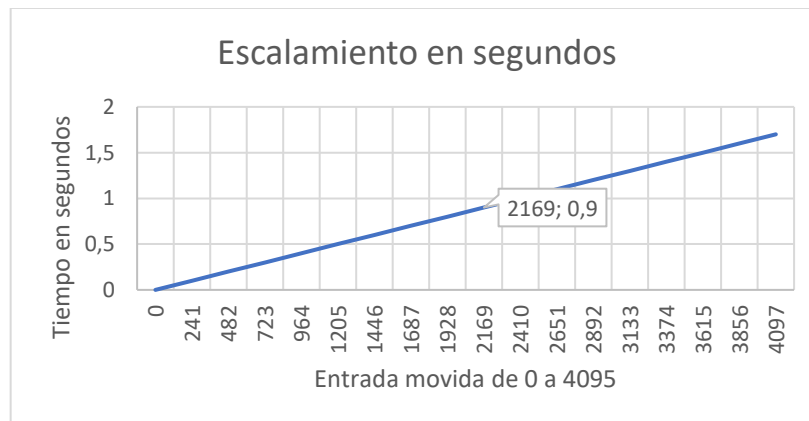


Figura 5.52. Escalamiento con un punto de referencia.

5.2. Selección del contactor.

Corriente de placa del PLC - 45mA

Corriente del variador KINCO CV20 - 3.4A

Corriente de la fuente 250W - 1.14 A

*El contactor energiza a los elementos antes descritos.

$$Carga\ Total = 45mA + 3.4A + 1.26A = 4.70\ A$$

$$I_{diseño} = 4.70A * 1.25$$

$$I_{diseño} = 5.87\ A$$

Elección: Contactor ALLEN-BRADLEY AC-1 220V 5.5A

5.3. Selección de las protecciones principales.

NORMA APLICADA IEC 60364. Diseño de instalaciones eléctricas de baja tensión, incluye criterios para protección con sobrecargas y cortocircuitos.

1. Esta primera protección incorpora en su salida al contactor el mismo que posee datos de placa de AC-1 230V 5.5 A

$$I_{diseño} = 5.5A * 1.25$$

$$I_{diseño} = 6.87\ A$$

Elección: INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO SCHNEIDER 2 POLOS la descripción se puede ver en la ficha técnica ANEXO 4.

2. La segunda protección incorpora en su salida al PLC, Variador de frecuencia, Fuente con una carga total de 4.70 A

$$I_{diseño} = 4.70\ A * 1.25$$

$$I_{diseño} = 5.87\ A$$

Elección: INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO SCHNEIDER 2 POLOS C20 se seleccionó este tipo de protección por proyecciones de incorporar otros equipos dentro del tablero principal la descripción se puede ver en la ficha técnica ANEXO 5.

3. La tercera protección incorpora en su salida a los dos transformadores y por ende a las niquelinas del sellado vertical y horizontal con un consumo en el devanado primario

$$Carga\ Total = 3.18A + 3.18A = 6.36\ A$$

$$I_{diseño} = 6.36\ A * 1.25$$

$$I_{diseño} = 7.95\ A$$

Elección: INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO SCHNEIDER 2 POLOS C25 se seleccionó este tipo de protección por el consumo de corriente en las niquelinas que se encargan del sellado tanto vertical como horizontal, la descripción del equipo se puede ver en la ficha técnica ANEXO 6.

*La letra C de los termomagnéticos representa el tipo de curva de disparo magnético que poseen cada uno que es de 5 In (5 veces la corriente nominal) a 10 In (10 veces la corriente nominal) ver ANEXO 7 . Estas curvas están definidas por la norma IEC 60898 que especifica los rangos de sensibilidad.

5.4. Selección del variador de frecuencia.

Para la selección del variador de frecuencia utilizamos la potencia en kW del motor que es de 0.26 kW.

$$PVFD = 0.26\ kW * 1.25$$

$$P_{diseño} = 0.33\ kW$$

$$HP = \frac{0.33kW}{0.746} = 0.44HP$$

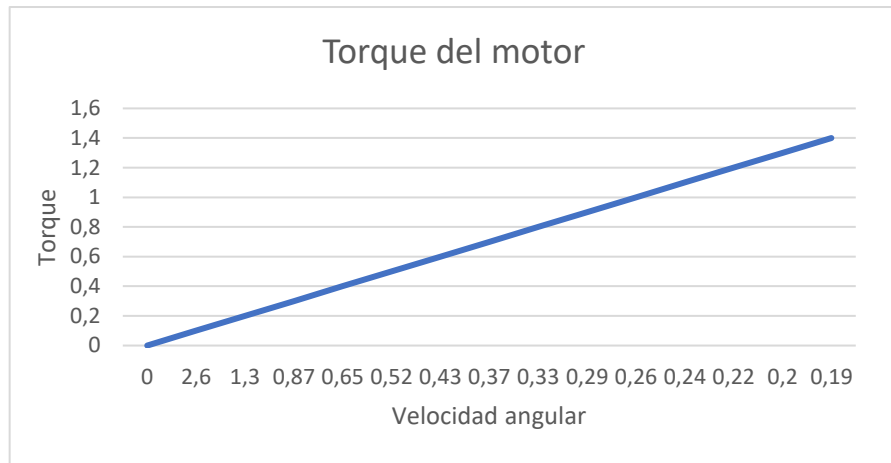


Figura 5.53. Torque vs velocidad angular del motor.

Elección: VARIADOR KINCO CV20 1HP.

5.5. Selección del calibre del conductor para el TRAF0 1.

- Calibre del primario.

$$I = \frac{S}{V} \tag{6}$$

$$I = \frac{700VA}{220V}$$

$$I = 3.18A$$

$$I_{diseño} = 3.18A * 1.25$$

$$I_{diseño} = 3.97 A$$

- Calibre del secundario.

$$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{700VA}{20V}$$

$$I = 35 A$$

$$I_{diseño} = 35 A * 1.25$$

$$I_{diseño} = 43.75A$$

5.6. Selección del calibre del conductor para el TRAF0 2.

- Calibre del primario.

$$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{700VA}{220V}$$

$$I = 3.18A$$

$$I_{diseño} = 3.18A * 1.25$$

$$I_{diseño} = 3.97 A$$

- Calibre del secundario.

$$I = \frac{S}{V}$$

$$I = \frac{500VA}{10V}$$

$$I = 50 A$$

$$I_{diseño} = 50 A * 1.25$$

$$I_{diseño} = 62.5A$$

*La selección del calibre para los transformadores previo al cálculo de la corriente en cada devanado de los dos transformadores se optó por poner para el primario de los dos transformadores un calibre 18 AWG mediante la tabla de ampacidad ver ANEXO 8 para el

secundario 8 AWG y 6 AWG respectivamente se lo realizo mediante la tabla de calibres y ampacidad de cables eléctricos ver

5.7. Selección del calibre del motor.

$$I_{nominal} = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos(\phi)}$$

$$I_{nominal} = \frac{0.26kW}{\sqrt{3} * 220 * \cos(0.62)}$$

$$I_{nominal} = 0.68 A$$

1.25 es el valor de corrección

$$I_{diseño} = 0.68 A * 1.25$$

$$I_{diseño} = 0.85 A$$

Al realizar los cálculos de la corriente se seleccionó el calibre número 18 AWG para energizar el motor, esta sección de cable tiene una capacidad hasta 10 A la que seleccionamos mediante la tabla de ampacidad ver ANEXO 8.

5.8. Análisis de la calibración del sellado horizontal mediante una señal analógica.

La automatización nos permitió utilizar un sistema de regulación mediante una señal analógica dada por nuestros potenciómetros de 0 a 10 V la que fue ajustada indirectamente en un intervalo de 5 V. En la Figura 5.54 se observa que a medida que aumentamos el voltaje aumenta el consumo en amperios, lo que significa un incremento de la temperatura y como resultado un trabajo de sellado y corte de la lámina.

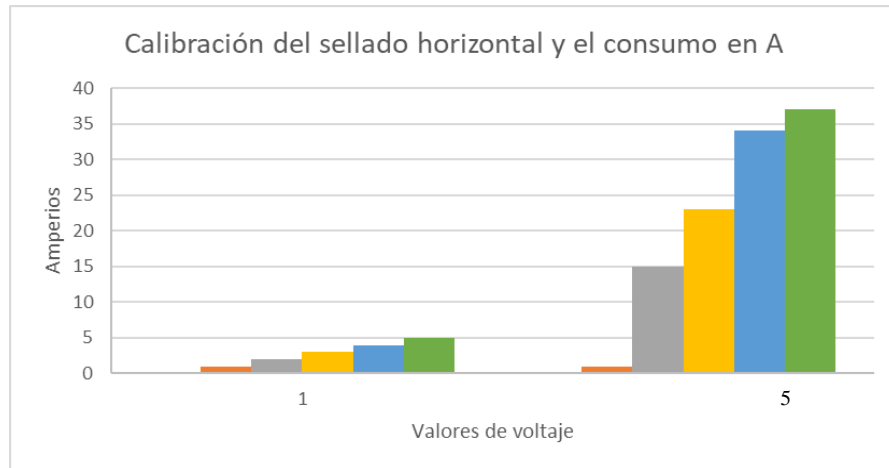


Figura 5.54. Gráfica de la calibración del sellado horizontal.

El valor de 5V muestra un consumo aproximado de 34 Amperios donde el corte y sellado se realizan como se muestra en la Figura 5.55.



Figura 5.55. Prueba de consumo en amperios de la prensa horizontal.

5.9. Análisis de la calibración del sellado vertical mediante una señal analógica.

Para la calibración del sellado vertical se lo realizo de la misma manera que la del sellado horizontal mediante una señal analógica dada por nuestros potenciómetros de 0 a 10V la que se

ajustó indirectamente en un intervalo de 5V en el sellado. En la Figura 5.56 nos muestra que al mantener un voltaje de 1 V el consumo de nuestra niquelina es entre 4 y 8 Amperios.

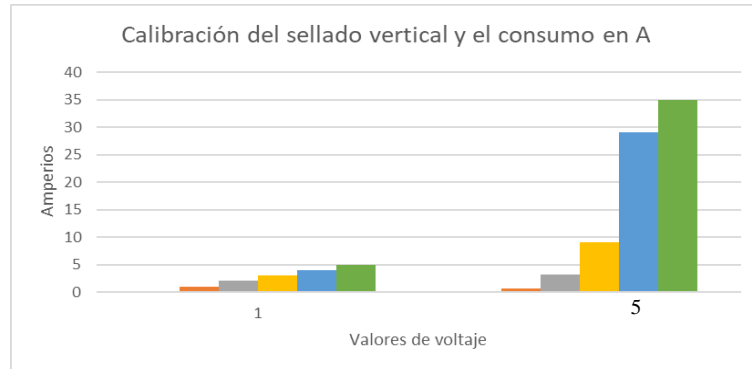


Figura 5.56. Grafica de la calibración del sellado vertical.

Al enviar una señal de 5V el consumo de la corriente es de 35 Amperios lo que genero la temperatura suficiente para el sellado vertical ver Figura 5.57.



Figura 5.57. Prueba de consumo en amperios de la prensa vertical.

5.10. Verificación de la mejora de tiempos de producción.

Se realizaron pruebas cronometradas como se muestra en la Figura 5.58, del funcionamiento de la enfundadora de líquidos en la cual tuvimos como resultado el enfundado de 30 unidades de

un litro por minuto, lo que equivale a 1.800 litros por hora y en una jornada laboral normal de 8 horas un total de 14.400 litros enfundados.

Por otro lado, en el enfundado de bolos se tuvo una cantidad de 40 unidades por minuto.



Figura 5.58. Toma de tiempos de enfundado.

A continuación, se realiza la comparación de la máquina enfundadora PREPAC sin automatizar y la máquina enfundadora con el sistema automatizado, como la máquina no se encontraba en condiciones de operación para obtener los datos reales, se procedió a utilizar los datos de la placa que se encontraba en la máquina, ver Figura 5.64 con la realizamos los siguientes cálculos.

Unidades por minuto

$$\text{Unidades por hora} = \frac{100 \text{ unidades}}{60 \text{ minutos}} \quad (7)$$

$$\text{Unidades por hora} = 1.66 \text{ Unidades por minuto}$$

Tiempo en cada ciclo

$$\text{segundos por unidad} = \frac{60 \text{ segundos}}{1.66 \text{ unidades}} \quad (8)$$

$$\text{segundos por unidad} = 36.14 \text{ segundos}$$

Litros por minuto y segundo

$$\text{Litros por minuto} = \frac{100\text{l/h}}{60 \text{ minutos}} \quad (9)$$

$$\text{Litros por minuto} = 1.66\text{l/minuto}$$

$$\text{Litros por segundo} = \frac{1.66\text{l/min}}{60 \text{ segundos}} \quad (10)$$

$$\text{Litros por segundo} = 0.27\text{l/segundo}$$

Por otro lado, la máquina enfundadora de líquidos ya implementada la automatización mediante pruebas cronometradas enfunda 1800l/h por lo que se procedió a realizar los mismos cálculos que en la máquina enfundadora sin automatizar para luego compararla.

Unidades por minuto.

$$\text{Unidades por hora} = \frac{1800 \text{ unidades}}{60 \text{ minutos}}$$

$$\text{Unidades por hora} = 30 \text{ Unidades por minuto}$$

Tiempo en cada ciclo.

$$\text{segundos por unidad} = \frac{60 \text{ segundos}}{30 \text{ unidades}}$$

segundos por unidad = 2 segundos

Litros por minuto y segundo.

$$\text{Litros por minuto} = \frac{1800\text{l/h}}{60 \text{ minutos}}$$

$$\text{Litros por minuto} = 30\text{l/minuto}$$

$$\text{Litros por segundo} = \frac{30\text{l/min}}{60 \text{ segundos}}$$

$$\text{Litros por segundo} = 0.5\text{l/segundo}$$

En la Tabla 5.1 se realiza la comparación entre los dos sistemas en el que se puede observar la mejora del 1700% en la producción L/h y una reducción del 94.4% en realizar cada ciclo.

Tabla 5.1. Tabla comparativa de la máquina enfundadora PREPAC sin automatizar vs máquina enfundadora PREPAC automatizada.

| Variable | Máquina enfundadora de líquidos PREPAC sin automatizar | Máquina enfundadora de líquidos PREPAC automatizada |
|---|---|--|
| Litros por hora | 100 litros | 1800 litros |
| Litros por minuto | 1.66 litros | 30 litros |
| Litros por segundo | 0.027 litros | 0.5 litros |
| Tiempo de ciclo por unidad | 36 segundos | 2 segundos |
| Ciclos por hora | 100 | 1800 |
| % mejora de tiempo de producción en l/h | | 17% |
| Reducción de tiempo en cada ciclo | | 94.4% más rápida |

En la Figura 5.59 tabulamos los datos de producción de la máquina enfundadora de líquidos sin automatizar en litros por minuto.

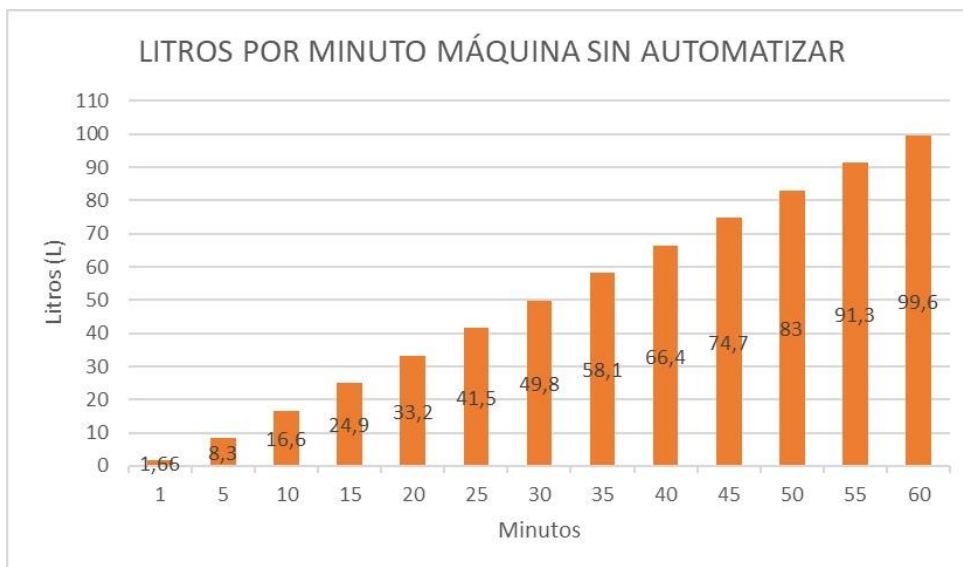


Figura 5.59. Gráfica de la producción de la máquina enfundadora sin automatizar.

En la Figura 5. 60 tabulamos los datos de producción de la máquina enfundadora de líquidos con la incorporación del sistema automatizado en litros por minuto.



Figura 5. 60. Gráfica de la producción en litros por minuto de la máquina automatizada.

La producción en litros por segundo en la máquina sin automatizar la detallamos en la Figura 5.61 y corroboramos los datos calculados.

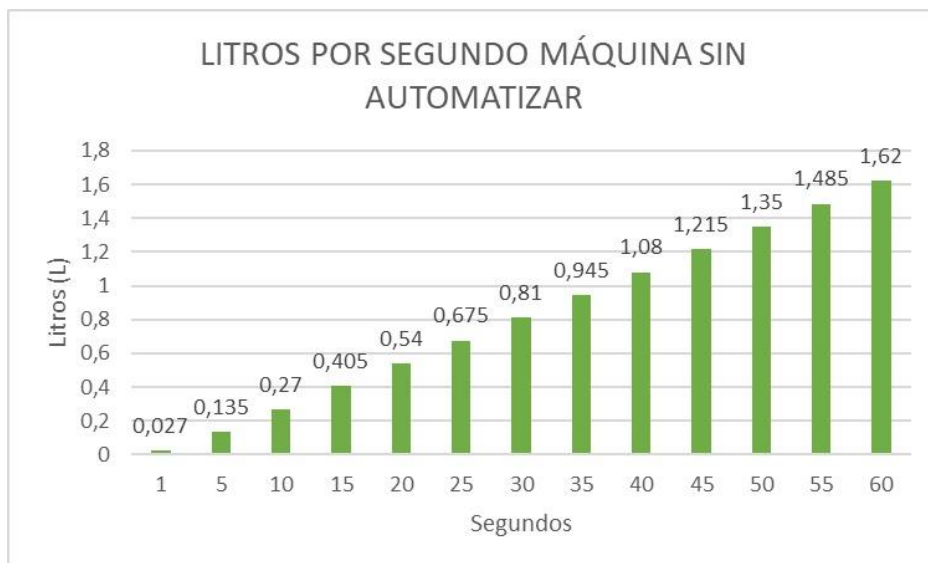


Figura 5.61. Gráfica de la producción en litros por segundo en la máquina sin automatizar.

La máquina automatizada muestra un incremento por cada segundo con lo que respecta a litros enfundados como se lo muestra en la Figura 5. 62.



Figura 5. 62. Gráfica de la producción en litros por segundo de la máquina automatizada.

Con el fin de evaluar de manera precisa el impacto de la automatización en el rendimiento del proceso de enfundado de líquidos se realizó una comparación directa entre los dos sistemas de trabajo ver Figura 5.63 tomando como referencia una jornada laboral continua de 8 horas. Este análisis tiene como propósito principal verificar el aumento en la producción, medido en litros

por hora, tras la implementación de un sistema automatizado basado en un PLC XINJE XD3-16RT-E.

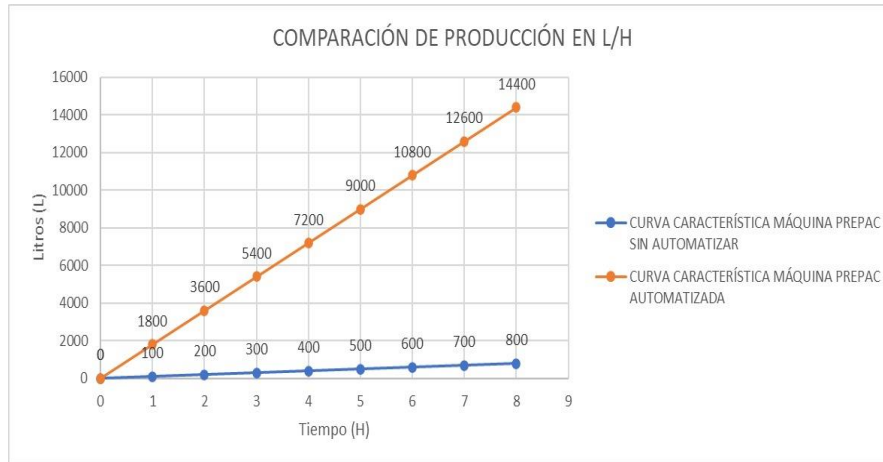


Figura 5.63. Gráfica de la comparación de la producción en 8 horas laborables.

5.11. Presupuesto para la automatización de la máquina enfundadora PREPAC

En la Tabla 5.2 se detalla los gastos que se produjeron para llevar a cabo la implementación de esta propuesta tecnológica, los cuales fueron detallados por la cantidad de bienes que se incorporó a la máquina enfundadora de líquidos.

Tabla 5.2. Cantidad de bienes y presupuesto total para la propuesta tecnológica.

| Material/equipo | Cantidad | Precio por unidad | Total |
|--|----------|-------------------|--------|
| PLC XINJE XD3_16RT-E 110-240 VAC | 1 | 218,00 | 218,00 |
| MODULO DE EXPANSIÓN XD-4AD-V-ED 4 ENTRADAS DE VOLTAJE 0-5V,1-10V XINJE | 1 | 180,00 | 180,00 |
| VARIADOR DE FRECUENCIA KINCO CV20 1HP 220V | 1 | 120,00 | 120,00 |
| RELES PINES PLANOS LY 24VDC | 5 | 3,14 | 15,7 |
| BASES PINES PLANOS LY | 5 | 2,17 | 10,85 |

| | | | |
|--|------|--------|----------------|
| SELECTOR 22MM 2 POSICIONES PLATICO | 6 | 1,79 | 10,72 |
| INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO SCHNEIDER 2 POLOS 25AMP | 1 | 7,29 | 7,29 |
| INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO SCHNEIDER 2 POLOS 20 AMP | 1 | 7,10 | 1,10 |
| LUZ PILOTO LED AMARILLA 22MM 12-450V | 1 | 1,59 | 1,59 |
| LUZ PILOTO LED ROJA 22MM 12-450V | 1 | 0,97 | 0,97 |
| LUZ PILOTO LED VERDE 22MM 12-450V | 2 | 0,97 | 1,93 |
| INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO SCHNEIDER RIELDIN 2 POLOS 10 AMP | 1 | 6,30 | 6,30 |
| TERMINAL PUNTERA AMARILLO 18-16AWG | 2 | 1,61 | 3,22 |
| CABLE GPT FLEXIBLE 18 COLNELSA | 100m | 0,91 | 19,32 |
| CANALETA DEXON RANURADA GRIS | 1 | 7,34 | 7,34 |
| MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS MECANICOS DAÑADOS, PINTURA Y OTROS GASTOS | 1 | 1 | 200,00 |
| ELECTROVALVULAS 5/2 | 3 | 40,00 | 120,00 |
| SENSOR DE TACA | 1 | 150,00 | 150,00 |
| CONTACTOR ALLEN-BRADLEY AC-1 220V 5.5A | 1 | 14 | 14 |
| RELES DE ESTADO SOLIDO SSR 24VDC/220VAC | 2 | 7.47 | 14.94 |
| TOTAL | | | 1103.27 |

A continuación, vamos a describir el valor de la máquina enfundadora de líquidos y su operatividad a la hora de producir en la Figura 5.64 se muestra los datos de productividad de la máquina sin automatizar.



Figura 5.64. Datos de placa de la productividad de la máquina sin automatizar.

En la Tabla 5.3 describimos costos de la máquina automatizada y la máquina sin automatizar.

Tabla 5.3. Datos de precios de la máquina vs máquina automatizada.

| Máquina sin automatizar | Máquina automatizada |
|-------------------------|-----------------------|
| Valor \$5000 | Valor \$8000 |
| Productividad 100L/h | Productividad 1800L/h |

*Datos tomados de la empresa y sus relaciones de adquisición.

5.11.1 Rentabilidad de la propuesta tecnológica.

Para poder interpretar si la implementación de nuestra propuesta tecnológica es viable se debe considerar el estudio exhaustivo de los referentes económicos más conocidos como el Valor actual neto, PAY BACK, la relación beneficio costo y el TIR.

5.11.2 Valor actual neto

El VAN es una herramienta que nos indica y a la misma vez evalúa los proyectos que considera el valor del dinero en el tiempo de ciertos años transcurridos. En el cálculo de esta técnica se considera los valores de flujo de caja futuros que genera la propuesta al cual se le va a restar el

valor de la inversión inicial, considerando una tasa de descuento. Para determinar si la propuesta es viable el VAN nos debe resultar un valor mayor a cero.

$$VAN = -CIO + \sum_{t=1}^n \frac{AhE}{(1+r)^t} \quad (11)$$

5.11.3 Tasa Interna de Retorno.

Este valor es porcentual y nos indica un valor de forma de devolución del dinero en una propuesta a lo largo del plazo e inicialmente en la inversión.

5.11.4 Pay Back de la implementación de la automatización.

También llamado el valor de desembolso es decir el que nos describirá el tiempo en que mi capital invertido será devuelto para recuperar el dinero entregado inicialmente.

5.11.5 Relación beneficio costo.

Este indicador financiero nos arroja un valor mayor a uno si el proyecto es netamente rentable con lo invertido al inicio del proceso en este caso de la propuesta tecnológica.

5.12. Análisis económico.

Para el análisis consideramos la productividad de la máquina sin automatizar vs la máquina automatizada para poder obtener nuestros indicadores financieros para conocer si nuestro proyecto es rentable dentro del campo de la producción alimentaria.

- En primera instancia debemos calcular las ganancias al utilizar la máquina sin automatizar vs la máquina automatizada en un año para con ello obtener del ahorro al producir con la máquina automatizada. Considerando que la producción de cada litro está en un valor de 0.60 ctvs., de ganancia por cada litro producido dato mencionado por el gerente de la empresa.

Ganancias en un año con la máquina sin automatizar.

$$100 \frac{L}{h} * 8 \frac{h}{dia} = 800 \frac{L}{dia}$$

$$800 \frac{L}{dia} * 0.60 \text{ ctvs} = 480 \frac{ctvs}{dia}$$

$$480 \frac{ctvs}{dia} \frac{1 \text{ USD}}{100 \text{ ctvs}} = 4.8 \frac{USD}{dia}$$

$$4.8 \frac{USD}{dia} * 250 \text{ dias al año} = 1200 \text{ USD al año}$$

Ganancias en un año con la máquina automatizada.

$$1800 \frac{L}{h} * 8 \frac{h}{dia} = 14400 \frac{L}{dia}$$

$$14400 \frac{L}{dia} * 0.60 \text{ ctvs} = 8640 \frac{ctvs}{dia}$$

$$8640 \frac{ctvs}{dia} \frac{1 \text{ USD}}{100 \text{ ctvs}} = 86.4 \frac{USD}{dia}$$

$$86.4 \frac{USD}{dia} * 250 \text{ dias al año} = 21600 \text{ USD al año}$$

Ahorro al producir con la máquina automatizada:

$$AhE = 21600 \text{ USD} - 1200 \text{ USD}$$

$$AhE = 20400 \text{ USD}$$

Calculamos el VAN

$$VAN = -CIO + \sum_{t=1}^n \frac{AhE - CopsMtto}{(1+r)^t} \quad (12)$$

Donde:

CIO = Costo de inversión inicial. (En este valor consideramos el valor total de la máquina automatizada 8000 USD.)

AhE = Ahorro económico por reducción de pérdidas.

CopsMtto = Gastos de operación y mantenimiento. (No se le considero en esta propuesta).

r = Taza de descuento. Este valor se consideró del 16.05 % del Banco Central del Ecuador junio 2025 del Artículo 36, numeral 8 del Código Orgánico y Financiero.

t = vida útil de la propuesta tecnológica. (10 años)

Una vez determinada las variables de ingresos y egresos presentados en la máquina enfundadora de líquidos se calcula el VAN, TIR, PAY BACK y la relación beneficio costo como se muestra en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Cálculo del Valor actual neto.

| t | $(1+r)^t$ | Flujo de Caja AhE $(1+r)^t$ | Flujo acumulado |
|---|-----------|-----------------------------------|-----------------|
| 0 | 1 | -8000 | -8000 |
| 1 | 1,16 | 17578,6299 | 9578,629901 |
| 2 | 1,35 | 96,52794549 | 9675,157846 |
| 3 | 1,56 | 83,17789357 | 9758,33574 |
| 4 | 1,81 | 71,67418662 | 9830,009927 |
| 5 | 2,10 | 61,76147059 | 9891,771397 |
| 6 | 2,44 | 53,21970753 | 9944,991105 |
| 7 | 2,83 | 45,85929128 | 9990,850396 |

| | | | |
|---------------------|------------|--------------------|--------------------|
| 8 | 3,29 | 39,51683867 | 10030,36723 |
| 9 | 3,82 | 34,05156284 | 10064,4188 |
| 10 | 4,43 | 29,34214807 | 10093,76095 |
| | | 18093,76095 | |
| | VAN | 10093,76095 | |
| PAY BACK | 0 | | |
| B/C | 2,26 | | |
| TIR | 121% | | |

5.13. Resultados del análisis económico.

El VAN con un valor de 10093,76095 nos resulta un valor mayor a cero siendo este proyecto viable en todas sus instancias, en el caso del PAY BACK nos arroja un valor igual a cero interpretándole que en menos de un mes se recupera lo invertido, el TIR nos indica que el proyecto genera 121 % de retorno anual sobre lo que se invirtió mientras que la relación beneficio costo con un valor de 2.26 nos indica que los beneficios superan a los costos, evaluando si este valor es mayor que uno el proyecto es viable.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusiones

- Mediante la revisión de proyectos de investigación se conoció el origen de este tipo de máquinas y las etapas con la que desarrolla su proceso de enfundado de líquidos las cuales son: dosificado, formado de la funda, sellado vertical, arrastre del material, sellado horizontal y corte de la funda.
- Se diseño un sistema automatizado utilizando el software CADE SIMU para la realización de los diagramas eléctricos y XINJE PLC PROGRAM TOOL para la programación con esto aumentamos en términos cuantitativos la mejora de en un 17 % más la producción en litros hora y se redujo el tiempo en cada ciclo mejorándolo en un 94.4 % más rápido.
- Se integro el PLC XINJE XD3-16RT-E el cual tiene un rango de escalamiento de 0 a 10V en su módulo de expansión como entrada analógica la cual nos ayudó a la calibración de tiempos para la temperatura del sellado vertical, horizontal y el arrastre de la funda dentro de la programación.
- Se realizo pruebas de tiempos con la máquina automatizada para la validez de la mejora del proceso al momento del enfundado dando como resultado el enfundado de 30 unidades de litro en un minuto y 40 unidades de bolos en un minuto lo que genera una mejora en la producción en comparación a la máquina enfundadora sin automatizar que se encontraba obsoleta y solo se tenia el dato de producción de placa de 100 litros por hora.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda la implementación de un HMI que permita al operario cambiar los parámetros de sellado, temperatura, dosificado y arrastre del material con más precisión.
- Incorporar un PID (Control Proporcional Integral Derivativo) el cual es un algoritmo de control muy utilizado en la industria para mantener una variable de proceso (como temperatura, presión o velocidad) en un valor deseado con esto reducir el tiempo de calibración de la temperatura del sellado horizontal y vertical.

- Para la calibración del sellado hacerlo en el modo manual para evitar el desperdicio del rollo plástico a enfundar.

7. REFERENCIAS.

- [1] S. D. Quinatoa Lema y B. S. Guano Calala, «Automatización del proceso de control para una máquina selladora de fundas plásticas mediante el uso de un controlador lógico programable en las instalaciones de la industria inplastico.».
- [2] M. Y. Calero Riera y C. J. Salazar Tixilema, «Optimización del control de envases plásticos en la EMPRESA SELQUI».
- [3] C. R. C. Ramiro, «“Optimización de la energía eléctrica en una máquina envasadora de leche en la empresa MOLIDES S.A. ubicada en la panamericana norte kilómetro 4, sector los sauces, PARROQUIA ELOY ALFARO, CANTÓN LATACUNGA”».
- [4] P. C. B. Sangoluiza, «Automatización y control del llenado de la tolva de recepción de afrecho húmedo en cervecería nacional QUITO».
- [5] A. G. W. Daniel y C. C. R. Geovanny, «Automatizar e implementar el sistema de enfundado y dosificación de líquidos para una máquina de características semi industriales».
- [6] P. A. Quinteros, M. C. Zurita, N. C. Zambrano, y E. L. Manchay, «Automatización de los procesos industriales».
- [7] P. Ponsa y A. Granollers, «Diseño y automatización industrial».
- [8] M. D. C. LOZANO y R. ZAMORA, «Tecnologías y herramientas de ingeniería asociadas a los niveles superiores de la pirámide de la automatización».
- [9] H. T. F. Javier, M. M. J. Juan, y R. V. Raziél, «Ingeniero en control y automatización».
- [10] V. R. C. Limachi y C. W. J. Espillico, «Modulo didáctico para el análisis de sensores mediante un PLC, controlado desde un HMI en el laboratorio de control y automatización de la EPIME».

- [11] A. M. BRITO ZAPATA y R. S. GUACHAMIN TIBANTA, «Desarrollo de un sistema automatizado para el lavado y refrigeración de un tanque de leche para la HACIENDA SAN AGUSTÍN».
- [12] DAVID ISRAEL YANDÚN URCUANGO, «Modelación, programación y simulación del control automático mediante un PLC para sistemas industriales».
- [13] «Diseño y construcción de un prototipo de sistema transferencia automática y un control de acceso mediante reconocimiento facial usando técnicas de inteligencia artificial para la fundación Ecosurecuador.»
- [14] E. A. N. Bosquez, «Desarrollo de una red de comunicación RTU con el RS-485 para el control de servomotores».
- [15] C. M. C. Vanessa, P. S. L. Andrés, y L. Corrales, «Diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos y su interface con una red central de datos en la EMPRESA ACERÍAS DEL ECUADOR C.A. (ADELCA)».
- [16] A. Solano y L. Adrián, «Diseño e implementación de un prototipo automatizado de clasificación mediante protocolo modbus TCP/IP».
- [17] M. A. C. Silva y E. D. G. López, «Diseño e implementación de una red industrial con ethernet/ip. Caso práctico: Laboratorio de automatización de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la ESPOCH».
- [18] E. G. J. Coro y J. D. V. Villagómez, «Implementación de un módulo de redes industriales en el laboratorio de control y manipulación automática de la facultad de mecánica», 2024.
- [19] J. P. G. Guevara y V. V. B. Jiménez, «Implementacion de una interfaz gráfica scada para la integración y programación de los módulos que conforman el sistema de montaje para su funcionamiento autónomo en el laboratorio de automatización de la EIS».

[20] M. L. G. Fernando, «Desarrollo de una máquina envasadora y tapadora de yogurt para la fábrica de lácteos San Francisco».

8. ANEXOS.

ANEXO 1. Estado inicial de la máquina enfundadora de líquidos.



Figura A1. 1. Vista general de la máquina enfundadora de líquidos prepac sin automatizar.

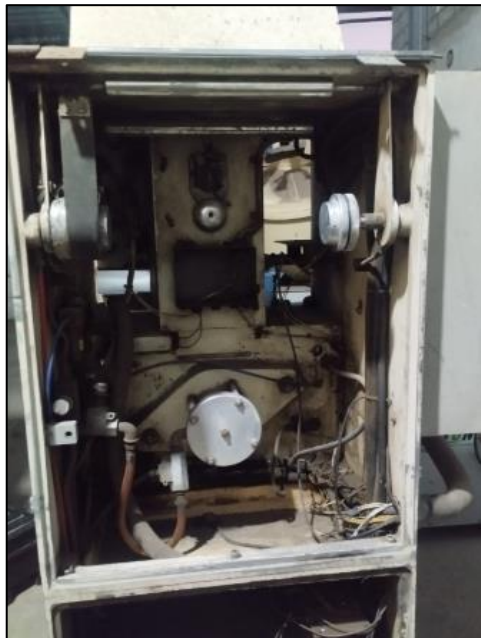
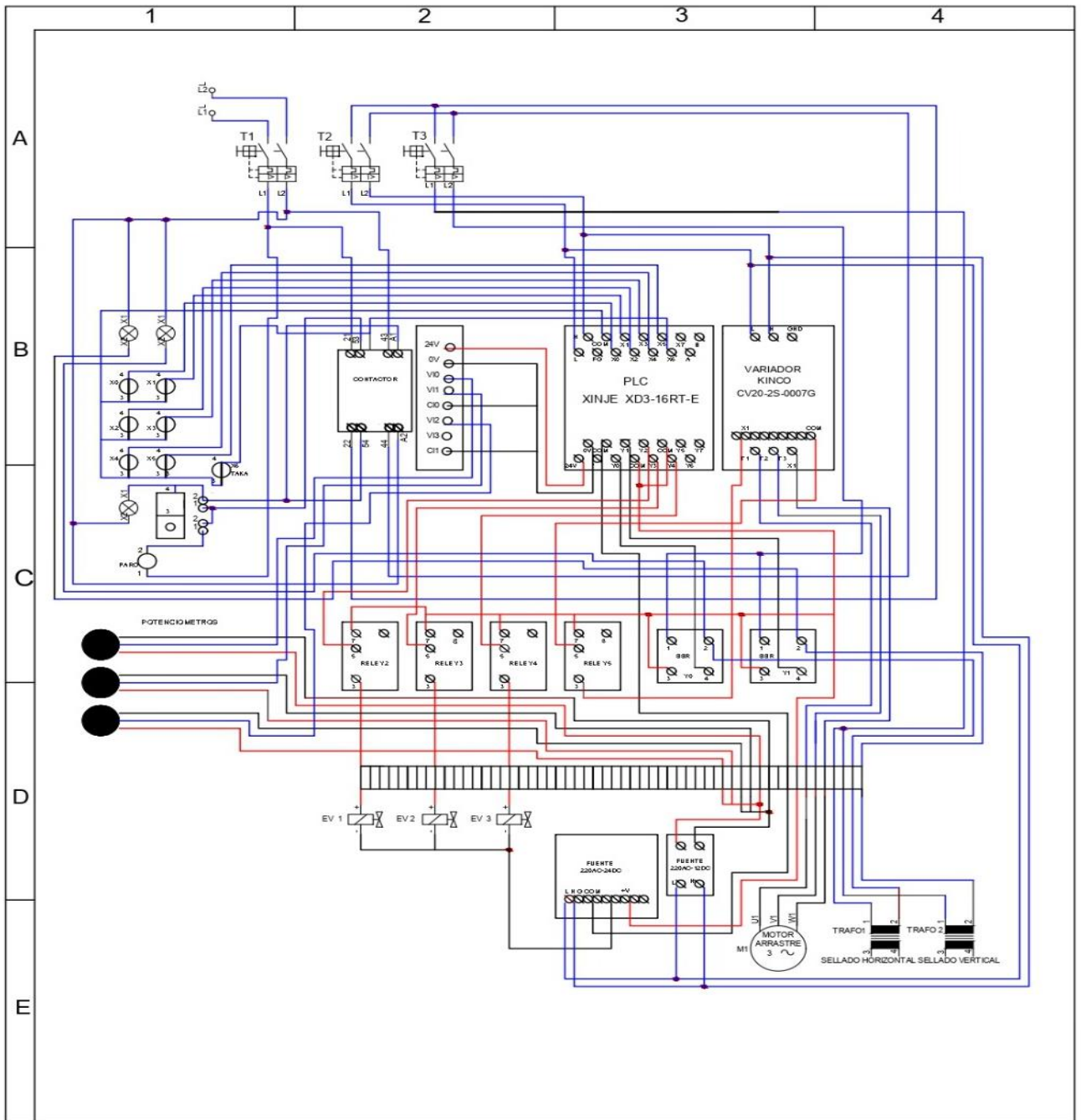


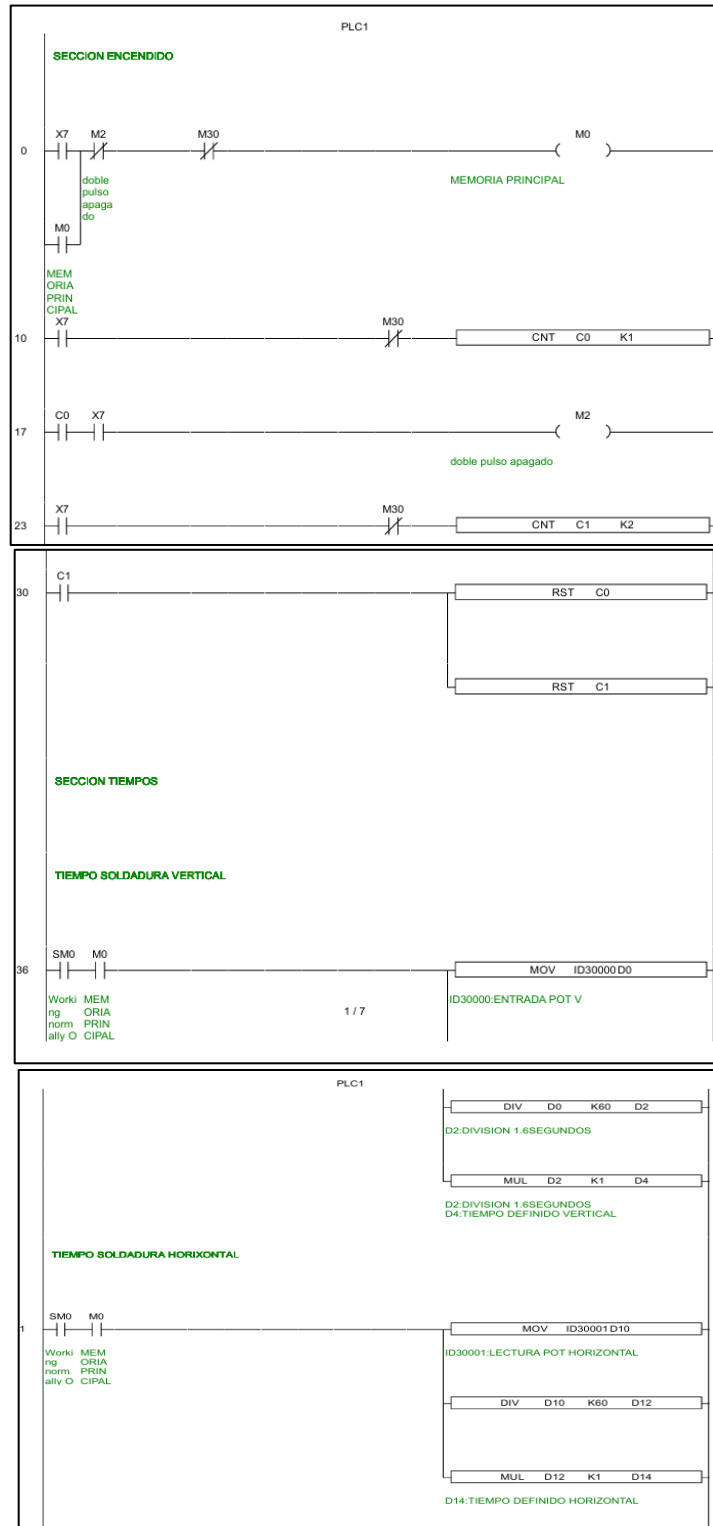
Figura A1. 2. Vista posterior de la máquina enfundadora de líquidos prepac sin automatizar.

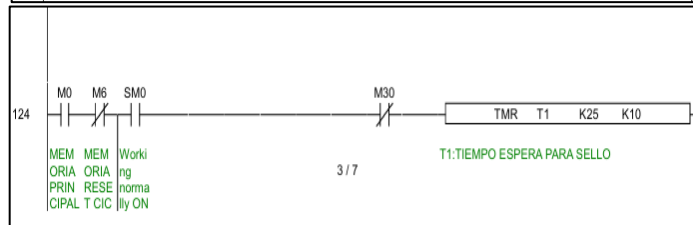
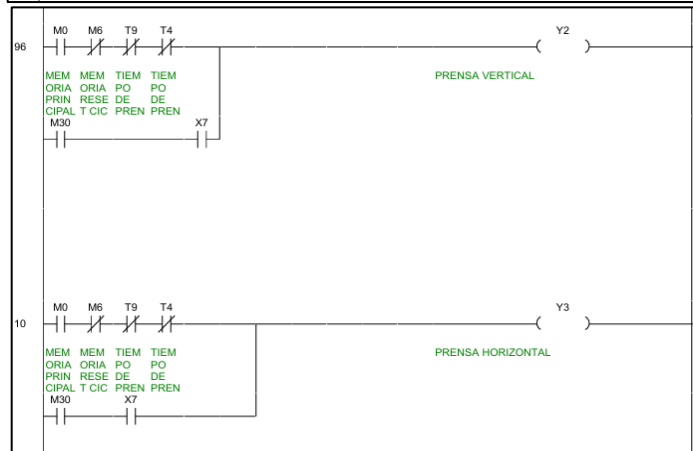
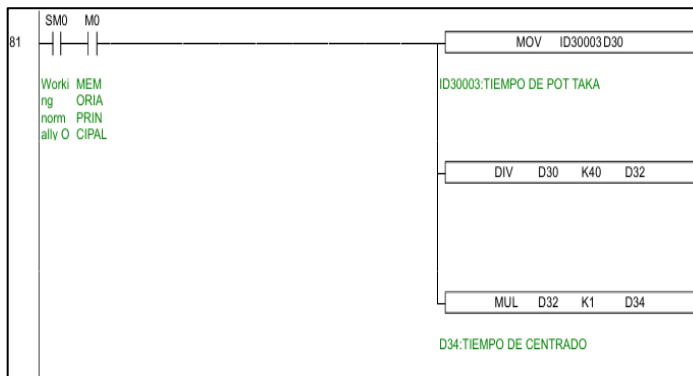
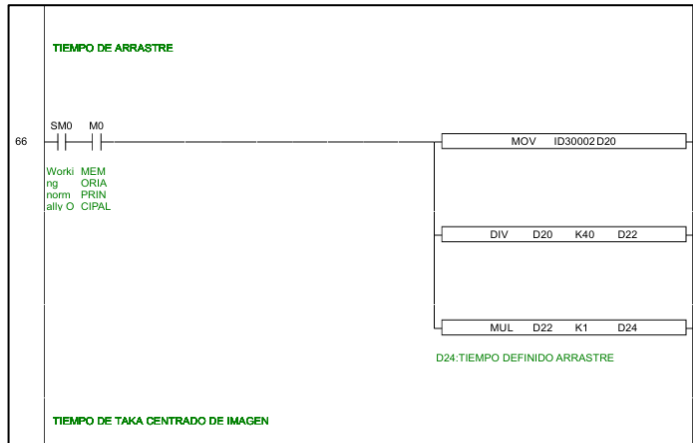
ANEXO 2. Diagrama eléctrico de la máquina enfundadora de líquidos.

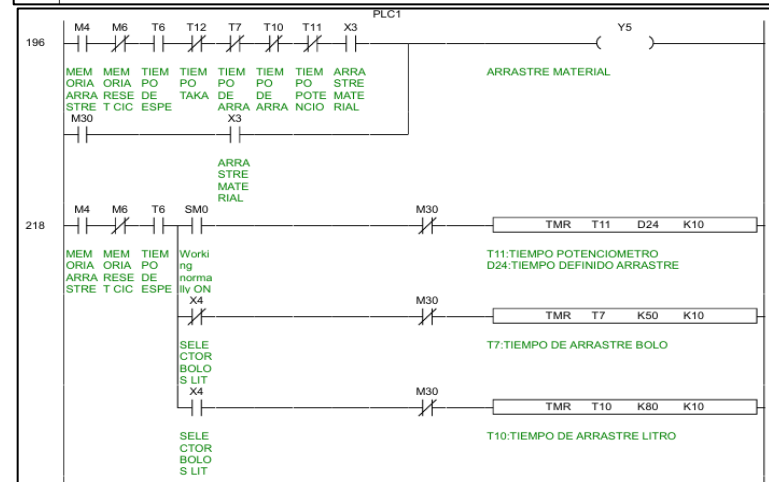
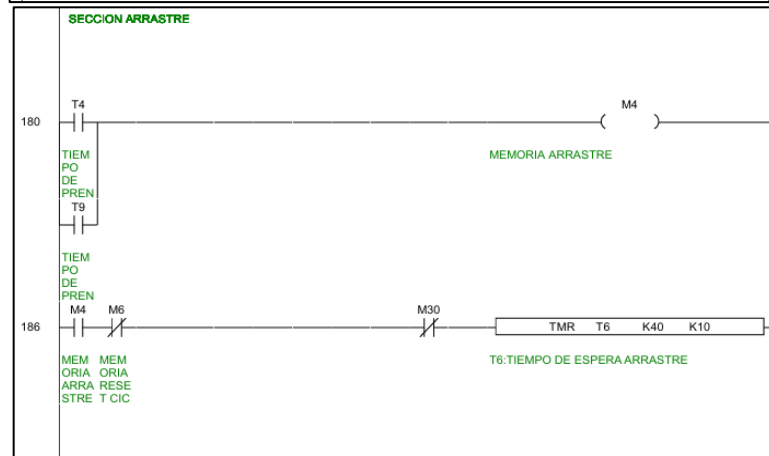
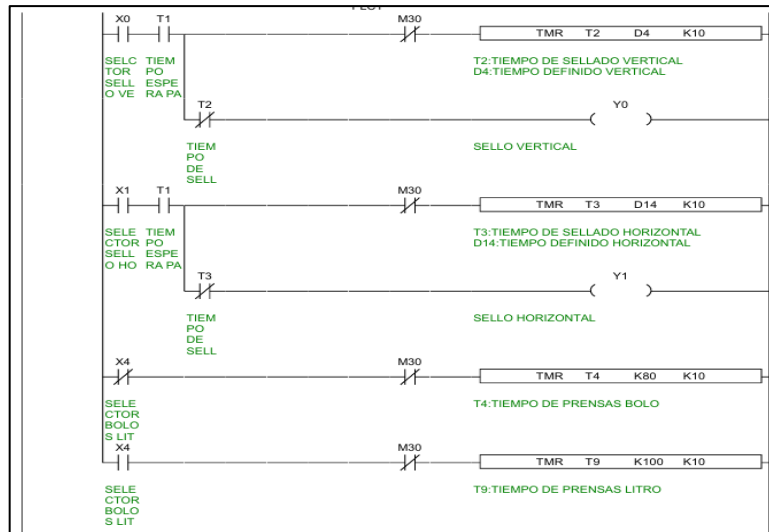


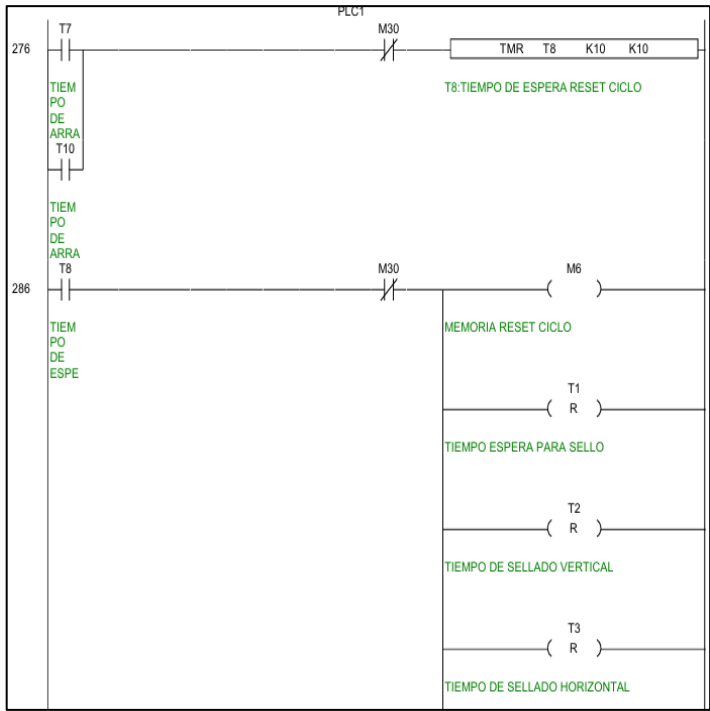
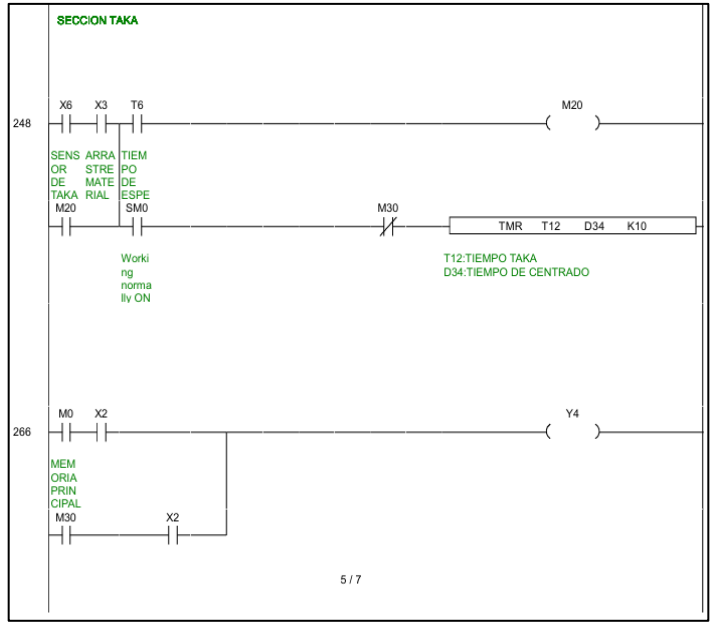
| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|---|------------|-------------------|----------------------------|
| | | | | Tolerancia | Peso | Materiales | |
| | | | | | | Denominacion | Escala |
| | | | | Dib. | 14/07/2025 | INVESTIGADORES | DIAGRAMA ELÉCTRICO GENERAL |
| | | | | Rev. | 14/07/2025 | LECTORES | |
| | | | | Apro. | 14/07/2025 | LECTORES | |
| | | | | | | Numero del dibujo | Marca del registro |
| Edición | Modificación | Fecha | Nombre |  Ingeniería Electromecánica | | 1/1 | |

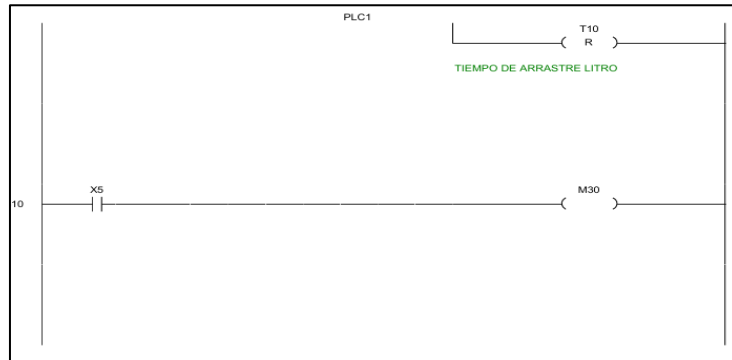
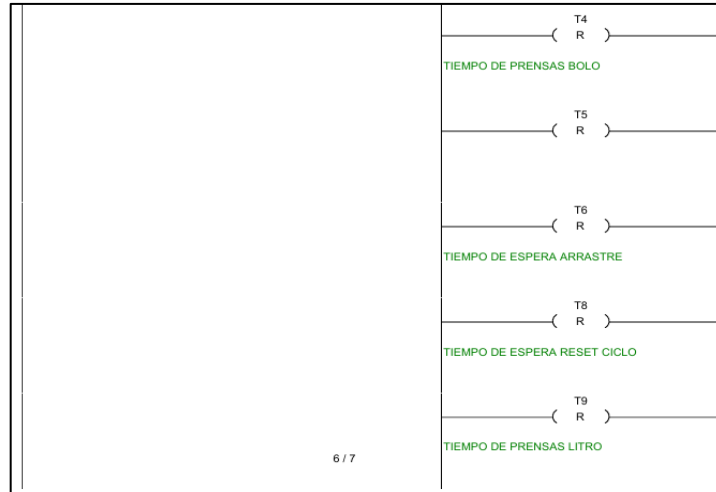
ANEXO 3. Líneas de programación de la máquina enfundadora de líquidos.











ANEXO 4. Ficha técnica del interruptor termomagnético 10 A.


| | |
|---|---|
|  | <h2>Interruptor termomagnético Acti9 iC60N 2P 10A curva C</h2> |
| | <p>A9F74210</p> <hr/> <p>Certificado: DC-E-S26-042.6 - IRAM</p> |
| <h3>Principal</h3> | |
| Aplicación del Dispositivo | Distribución Eléctrica Residencial y Comercial |
| Gama | Acti 9 |
| Nombre del Producto | Acti9 iC60 |
| Tipo de Producto o Componente | Disyuntor en miniatura |
| Nombre Corto del Dispositivo | IC60N |
| Número de Polos | 2P |
| número de polos protegidos | 2 |
| corriente nominal | 10 A |
| Tipo de red | CA CC |
| tipo de unidad de control | Térmico-magnético |
| código de curva de disparo ins | C |
| poder de corte | 6000 A Icn a 400 V CA 50/60 Hz conforme a EN / IEC 60898-1 36 kA Icu a 12 ... 133 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu a <= 125 V CC conforme a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu a 380...415 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu a 220...240 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 6 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 |
| categoría de utilización | A conforme a EN 60947-2 A conforme a IEC 60947-2 |
| idoneidad para el seccionamiento | Sí conforme a EN 60898-1 Sí conforme a EN 60947-2 Sí conforme a IEC 60898-1 Sí conforme a IEC 60947-2 |
| Estándares | IEC 60947-2 |

Figura A4. 1 Ficha técnica del interruptor termomagnético de 10 A.

ANEXO 5. Ficha técnica del interruptor termomagnético de 20 A.



Interruptor termomagnético Acti9 iC60N 2P 20A curva C

A9F74220

Certificado: DC-E-S26-042.6 - IRAM

Principal

| | |
|----------------------------------|---|
| Aplicación del Dispositivo | Distribución Eléctrica Residencial y Comercial |
| Gama | Acti 9 |
| Nombre del Producto | Acti9 iC60 |
| Tipo de Producto o Componente | Disyuntor en miniatura |
| Nombre Corto del Dispositivo | iC60N |
| Número de Polos | 2P |
| número de polos protegidos | 2 |
| corriente nominal | 20 A |
| Tipo de red | CC CA |
| tipo de unidad de control | Térmico-magnético |
| código de curva de disparo ins | C |
| poder de corte | 6000 A Icn a 400 V CA 50/60 Hz conforme a EN / IEC 60898-1 36 kA Icu a 12 ... 133 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu a <= 125 V CC conforme a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu a 380...415 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu a 220...240 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 6 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 |
| categoría de utilización | A conforme a EN 60947-2 A conforme a IEC 60947-2 |
| idoneidad para el seccionamiento | Sí conforme a EN 60898-1 Sí conforme a EN 60947-2 Sí conforme a IEC 60898-1 Sí conforme a IEC 60947-2 |
| Estándares | EN 60947-2 IEC 60898-1 EN 60898-1 IEC 60947-2 |

Figura A5.1 Ficha técnica del interruptor termomagnético de 20 A.

ANEXO 6. Ficha técnica del interruptor termomagnético de 25 A .


| | |
|---|---|
|  | <h2>Interruptor termomagnético Acti9 iC60N 2P 25A curva C</h2> |
| | <p>A9F74225</p> <hr/> <p>Certificado: DC-E-S26-042.6 - IRAM</p> |
| <h3>Principal</h3> | |
| Aplicación del Dispositivo | Distribución Eléctrica Residencial y Comercial |
| Gama | Acti 9 |
| Nombre del Producto | Acti9 iC60 |
| Tipo de Producto o Componente | Disyuntor en miniatura |
| Nombre Corto del Dispositivo | IC60N |
| Número de Polos | 2P |
| número de polos protegidos | 2 |
| corriente nominal | 25 A |
| Tipo de red | CC CA |
| tipo de unidad de control | Térmico-magnético |
| código de curva de disparo ins | C |
| poder de corte | 6000 A Icn a 400 V CA 50/60 Hz conforme a EN / IEC 60898-1 36 kA Icu a 12 ... 133 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu a <= 125 V CC conforme a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu a 380...415 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu a 220...240 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 6 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 |
| categoría de utilización | A conforme a EN 60947-2 A conforme a IEC 60947-2 |
| idoneidad para el seccionamiento | Si conforme a EN 60898-1 Si conforme a EN 60947-2 Si conforme a IEC 60898-1 Si conforme a IEC 60947-2 |
| Estándares | IEC 60898-1 IEC 60947-2 EN 60947-2 EN 60898-1 |
| <h3>Complementario</h3> | |
| Frecuencia de Red | 50/60 Hz |
| límite de enlace magnético | 8 x In +/- 20% |

Figura A6. 1 ficha técnica del interruptor termomagnético de 25 A.

ANEXO 7. Tipo de curva de disparo de los termomagnéticos.

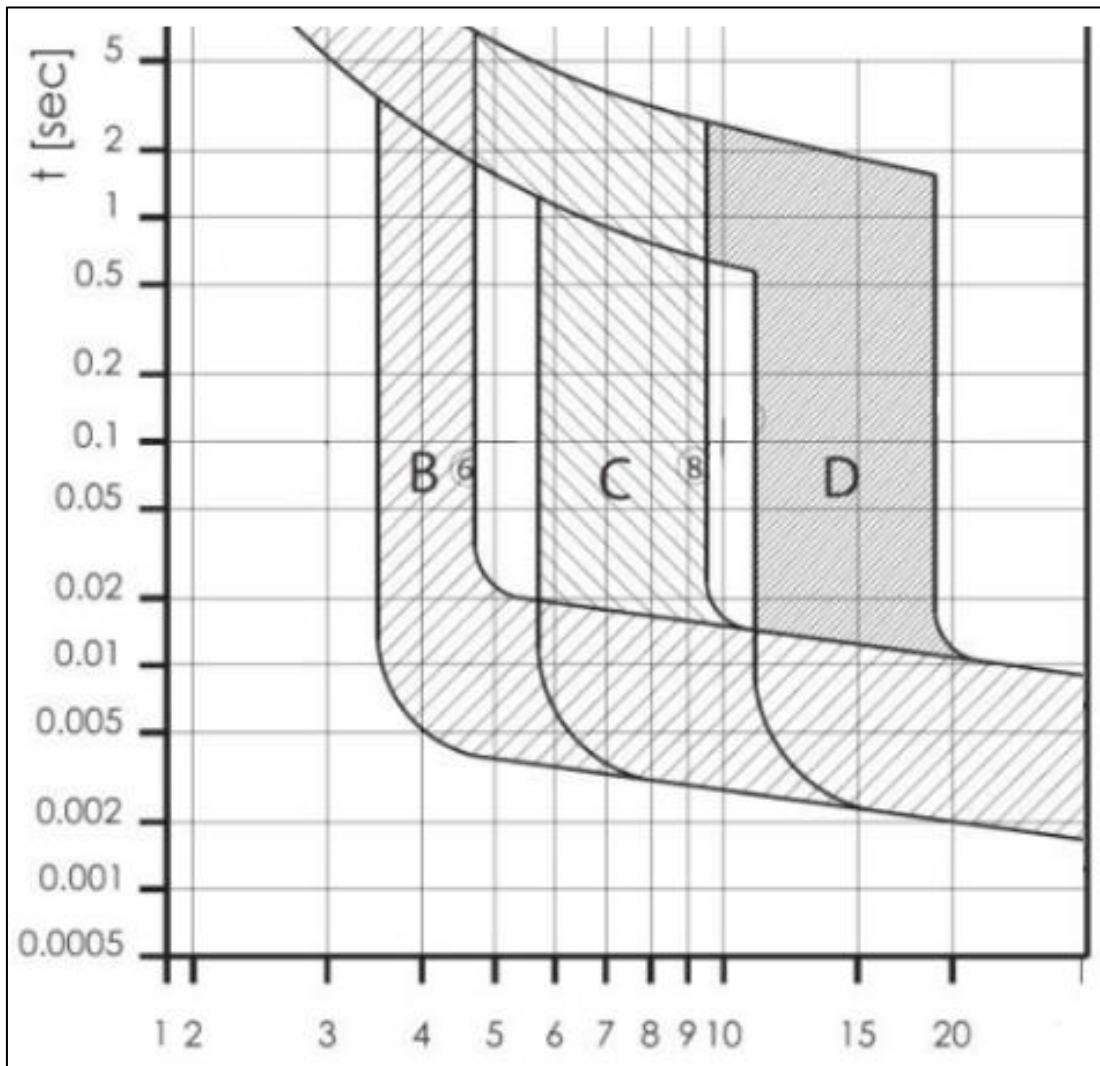


Figura A7. 1 Tipo de curvas en interruptores termomagnéticos.

ANEXO 8. Tabla de selección del conductor del devanado primario de los transformadores y el motor



AMPERAJE QUE SOPORTAN LOS CABLES DE COBRE

| Nivel de temperatura | 60° | 75° | 90° | 60° |
|----------------------|-----|-----------------|-----------------------|------------|
| Tipo de aislante | TW | RHW THW THWN | THHN XHHW-2 THWN-2 | SPT |

| Medida / Calibre del cable | AMPERAJE SOPORTADO | | | Medida / Calibre del cable | AMPERAJE SOPORTADO |
|-------------------------------|--------------------|------|------|-------------------------------|-----------------------|
| 14 AWG | 15A | 15A | 15A | 20 AWG | 2 A |
| 12 AWG | 20A | 20A | 20A | | |
| 10 AWG | 30A | 30A | 30A | 18 AWG | 10 A |
| 8 AWG | 40A | 50A | 55A | | |
| 6 AWG | 55A | 65A | 75A | 16 AWG | 13 A |
| 4 AWG | 70A | 85A | 95A | | |
| 2 AWG | 95A | 115A | 130A | 14 AWG | 18 A |
| 1/0 AWG | 125A | 150A | 170A | | |
| 2/0 AWG | 145A | 175A | 195A | 12 AWG | 25 A |
| 3/0 AWG | 165A | 200A | 225A | | |
| 4/0 AWG | 195A | 230A | 260A | | |

Figura A1. 2. Tabla para la selección del conductor del primario de los transformadores.

Anexo 9. Tabla de selección del calibre del conductor para el devanado secundario de los transformadores.

| Calibre | Construcción | Espesor de aislamiento | | Diámetro exterior | | Masa total | | Capacidad de corriente |
|-------------|--------------|------------------------|------|-------------------|-------|------------|--------|------------------------|
| | N° hilos | mm | mils | mm | in | kg/km | lb/kft | |
| AWG / kcmil | N° | | | | | | | A* |
| 14 | 1 | 0,76 | 30 | 3,15 | 0,124 | 26 | 17,8 | 20 |
| 12 | 1 | 0,76 | 30 | 3,57 | 0,141 | 39 | 26,5 | 25 |
| 10 | 1 | 0,76 | 30 | 4,11 | 0,162 | 58 | 39,4 | 35 |
| 14 | 7 | 0,76 | 30 | 3,36 | 0,132 | 28 | 19,4 | 20 |
| 12 | 7 | 0,76 | 30 | 3,84 | 0,151 | 41 | 28,3 | 25 |
| 10 | 7 | 0,76 | 30 | 4,45 | 0,175 | 61 | 42,1 | 35 |
| 8 | 7 | 1,14 | 45 | 5,98 | 0,232 | 103 | 69,2 | 50 |
| 6 | 7 | 1,52 | 60 | 7,7 | 0,298 | 165 | 112 | 65 |
| 4 | 7 | 1,52 | 60 | 8,92 | 0,345 | 247 | 167 | 85 |
| 2 | 7 | 1,52 | 60 | 10,4 | 0,403 | 374 | 252 | 115 |
| 1 | 19** | 2,03 | 80 | 12,5 | 0,482 | 485 | 326 | 130 |
| 1/0 | 19** | 2,03 | 80 | 13,5 | 0,522 | 596 | 401 | 150 |
| 2/0 | 19** | 2,03 | 80 | 14,7 | 0,565 | 736 | 494 | 175 |
| 3/0 | 19** | 2,03 | 80 | 16 | 0,616 | 910 | 611 | 200 |
| 4/0 | 19** | 2,03 | 80 | 17,4 | 0,672 | 1127 | 757 | 230 |
| 250 | 37 | 2,41 | 95 | 19,3 | 0,748 | 1349 | 903 | 255 |
| 300 | 37 | 2,41 | 95 | 28,8 | 0,801 | 1599 | 1069 | 285 |
| 350 | 37 | 2,41 | 95 | 22 | 0,851 | 1844 | 1235 | 310 |
| 400 | 37 | 2,41 | 95 | 23,2 | 0,896 | 2092 | 1400 | 335 |
| 500 | 37 | 2,41 | 95 | 25,4 | 0,979 | 2582 | 1728 | 380 |
| 600 | 61 | 2,79 | 110 | 28,2 | 1,09 | 3099 | 2081 | 420 |
| 700 | 61 | 2,79 | 110 | 30 | 1,15 | 3582 | 2407 | 460 |
| 750 | 61 | 2,79 | 110 | 30,9 | 1,19 | 3827 | 2571 | 475 |
| 800 | 61 | 2,79 | 110 | 31,7 | 1,22 | 4067 | 2733 | 490 |
| 900 | 61 | 2,79 | 110 | 33,3 | 1,28 | 4555 | 3058 | 520 |
| 1000 | 61 | 2,79 | 110 | 34,8 | 1,34 | 5033 | 3382 | 545 |

Figura A9.1. Tabla para la selección del conductor para el secundario de los transformadores.

PORTADA
MANUAL DE
USUARIO

ENFUNDADORA
DE LIQUIDOS

Quinatoa Edgar
Guanochanga Jhon



Ingeniería
Electromecánica

ÍNDICE DEL CONTENIDO

| | |
|---|---|
| PORTADA | 1 |
| ÍNDICE DEL CONTENIDO..... | 2 |
| 1. Características Técnicas de la máquina | 3 |
| 2. Montaje del rollo. | 4 |
| 3. Puesta en marcha de la máquina enfundadora de líquidos. | 4 |
| 3.1. Activación de las protecciones eléctricas del tablero principal. | 4 |
| 3.2. Entradas digitales para energizar los elementos del tablero principal-luz indicadora de la activación de la máquina- paro de emergencia. | 5 |
| 3.3. Luces indicadoras del sellado vertical – horizontal. | 6 |
| 3.4. Entradas digitales para la activación del sellado Vertical-Horizontal | 6 |
| 3.5. Entradas digitales para la activación de la dosificación y el arrastre del material. | 7 |
| 3.6. Entradas digitales para la selección de bolo/litro y el modo de trabajo automático/manual..... | 7 |
| 3.7. Entradas digitales para la selección del trabajo con o sin el sensor de TACA, pulsador para el inicio del sistema de prensas. | 8 |
| 4. Calibración de los potenciómetros para el ingreso de las señales analógicas. | 9 |

PASOS PARA EL CORRECTO USO DE LA MÁQUINA ENFUNDADORA DE LIQUIDOS

1. Características Técnicas de la máquina

Producción: 1800L/h en una presentación tipo litro, 2400 unidades en una hora en una presentación de tipo bolo (90ml).

Rollo: Polietileno, polipropilenos laminados o cualquier combinación termo soldable.

Motor: 0.35 HP-Trifásico conexión ΔY 220/440 – 1600rpm IP55 - 60HZ

Tipo de caja: Reductora de relación de transmisión $i=07.5$

Tensión de alimentación general: 2 x 220 Voltios.



Figura 1. Máquina enfundadora de líquidos.

2. Montaje del rollo.

- Una vez que se haya seleccionado el rollo con el que se va a trabajar en la máquina este debe ser colocado en la parte posterior de la enfundadora como lo podemos observar en la Figura 2.



Figura 2. Montaje del rollo.

3. Puesta en marcha de la máquina enfundadora de líquidos.

A continuación, se describe los pasos para energizar y trabajar con el panel de control de la enfundadora automática.

3.1. Activación de las protecciones eléctricas del tablero principal.

En el tablero principal el primer paso para poner en marcha la máquina es poner en modo activo las protecciones eléctricas ver Figura 3 previo a la conexión general del cable principal que energiza la máquina

*Conectar el cable principal a un toma corriente de 220V AC.



Figura 3. Activación de las protecciones eléctricas.

3.2. Entradas digitales para energizar los elementos del tablero principal-luz indicadora de la activación de la máquina- paro de emergencia.

- Las botoneras principales que consta de un pulsador NA (normalmente abierto) color verde el cual al ser accionado energiza a todos los equipos del tablero eléctrico principal y un pulsador NC color rojo (normalmente cerrado) que al accionarlo desenergiza todo el sistema eléctrico.
- Luz piloto amarilla esto nos indica que la máquina esta activa y lista para desempeñar el trabajo de enfundado automático.
- Paro de emergencia pulsador NC (normalmente cerrador) el cual en condiciones de descoordinación o problemas en el sistema de enfundado apaga totalmente toda la máquina al ser presionado ver Figura 4.



Figura 4. Panel de inicio principal y paro de emergencia.

3.3. Luces indicadoras del sellado vertical – horizontal.

- Estas luces se activaran cuando el sellado tanto vertical como horizontal esten activos.



Figura 5. Luces indicadoras del sellado.

3.4. Entradas digitales para la activación del sellado Vertical-Horizontal

- Una vez encendido el sistema el primer selector en la posición 1 dará paso al sellado vertical y se podrá calibrar con el potenciómetro correspondiente.
- El selector dos en la posición 1 dará paso al sellado horizontal y se podrá calibrar con la entrada analógica correspondiente a él.



Figura 6. Selectores del comienzo de sellado.

3.5. Entradas digitales para la activación de la dosificación y el arrastre del material.

- Una vez encendido el sistema el primer selector en la posición uno dejara caer el producto a envasar.
- En el selector dos activamos el arrastre del material para después ser calibrado con las entradas analógicas correspondientes a él.



Figura 7. Selectores de dosificación y arrastre del material.

3.6. Entradas digitales para la selección de bolo/litro y el modo de trabajo automático/manual.

- En el primer selector en la posición 0 la máquina realizara la dosificación para una presentación tipo bolo y en la posición 1 realizara la dosificación para una presentación de tipo un litro.
- En el segundo selector en la posición 0 la máquina trabajara en un sistema de tipo automático mientras que en la posición 1 pasara a un estado manual donde podemos controlar el arrastre, las prensas y la dosificación de una forma manual.

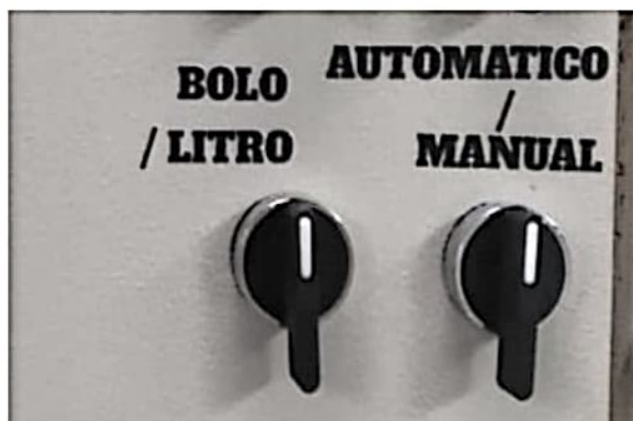


Figura 8. Selectores de selección bolo/litro y modo de trabajo.

3.7. Entradas digitales para la selección del trabajo con o sin el sensor de TACA, pulsador para el inicio del sistema de prensas.

- El primer selector en la posición cero trabajara con un rollo que no tenga la señal de la taca impresa en el y en la posición dos trabajara con uno que si lo tenga para que el centrado de la imagen sea controlado.
- El pulsador tiene un auto enclavamiento dentro de sí mismo con un pulso inicio del sistema de prensas y con segundo pulso para el sistema completamente programación realizada con contadores dentro del programa ver Figura 9.



Figura 9. Selectores del modo de trabajo con el sensor de TACA e inicio de prensas.

4. Calibración de los potenciómetros para el ingreso de las señales analógicas.

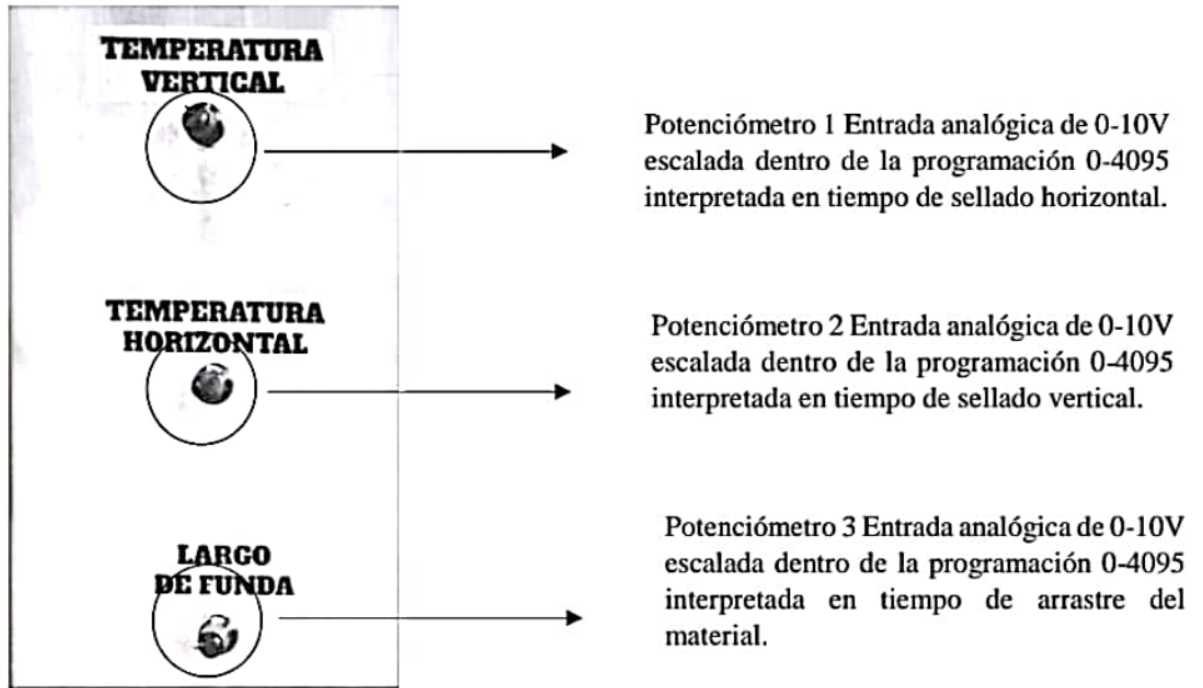


Figura 10. Entradas analógicas sellado vertical, horizontal y arrastre del material.

- Mover los potenciómetros antes descritos en un sentido horario es decir enviara señales desde 0 a 10 V respectivamente y el controlador lógico los interpretara como una señal análoga para transformarla en tiempos de sellados y tiempo de arrastre del material.